

Wagner Éva

A gyermeki elképzelésekkel és változásaikkal
kapcsolatos ismeretek és alkalmazásuk a
konstruktivista szemléletű fizika tanítás során

PhD
értekezés

Témavezető: Nahalka István

Eötvös Loránd Tudomány Egyetem
Pedagógia és Pszichológia Kar,
Neveléstudományi Doktori iskola

Budapest, 2008

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés, a témaválasztás indoklása.....	5
2. Természettudományos oktatás és a változások	6
2.1. Változások és kihívások az iskolai oktatásban	6
2.2. A társadalmi-technikai környezet változásai	9
2.3. Pedagógiai kérdések, problémák	10
3. A konstruktivista eszmerendszer bemutatása	12
3.1. A konstruktivista eszmerendszer gyökerei, kialakulása	12
3.2. Társtudományok, tudományos eredmények	13
3.3. Konstruktivizmus alapjai a pedagógiában	13
3.4. Konstruktivizmus, tudás és tanulás	14
3.5. Irányzatok a konstruktivizmusban	15
3.5.1. A radikális konstruktivizmus	15
3.5.2. Tanulás közösségben - szociális konstruktivizmus	15
3.6. A tanulási folyamat a konstruktivizmusban	17
3.6.1. Fogalmi váltás a tanulásban.....	17
3.6.2. Tanulási környezet és a fogalmi váltás.....	19
3.6.3. Fogalmi váltás, motiváció, attitűd	19
4. A kutatás fizikatudományi háttere és a gyermektudományok kapcsolata	22
4.1. Tudományos kép és a gyermektudományok	22
4.2. Anyagi tulajdonságok	22
4.3. Elektromosság	24
4.4. Mozgások	25
4.5. Anyagszerkezet.....	28
4.6. Energia.....	29
5. Didaktika és a konstruktív eszmerendszer	31
5.1. Didaktikai paradigmák és gyakorlati alkalmazásuk	31
5.1.1. Az ismeretátadás pedagógiája	32
5.1.2. Szemléltetés pedagógiája.....	33
5.1.3. Cselekvés pedagógiája – reformpedagógia	34
5.2. A konstruktivista didaktikai rendszer bemutatása	35
5.2.1. Stratégiák a konstruktivista didaktikában.....	36
5.2.1.1. A problémamentes tanulás stratégiája	37
5.2.1.2. Stratégiák problematikus tanulási helyzetekre	38
5.2.1.2/a. Stratégia a meghamisítás és kizárás esetére.....	38
5.2.1.2/b. Stratégia a „magoló”, értelmetlen tanulás esetére	39
5.2.1.2/c. Stratégia a kreatív mentéses tanulási helyzetekre	40
5.2.1.3. A fogalmi váltások stratégiája	40
5.2.2. A tanulás szervezeti keretei és formái	42

5.2.3. A tanulásszervezési módok	43
5.2.4. Az oktatás eszközei – a tanulási környezet és szervezési módok.....	44
5.2.5. Elvek a módszerek kiválasztásával és alkalmazásával kapcsolatban.....	45
5.2.6. Néhány hagyományos módszer konstruktivista szemléletű leírása.....	46
5.2.7. A didaktikai paradigmák működési szintjeinek sajátosságai	48
6. A kutatás során alkalmazott módszerek és ezek háttérének bemutatása	52
6.1. A kvantitatív és a kvalitatív kutatási módszer	52
6.2. A kutatás céljai, alapkérdései	54
6.3. A tanítás és a tervezés folyamata.....	54
6.4. Az alkalmazott kutatásról.....	55
6.5. A kutatás fontos jellemzőinek bemutatása	56
6.6. A kutatás helyszínének és a résztvevőknek a bemutatása	58
7. A kutatás eredményei és elemzés	61
7.1. Anyagi tulajdonságok (tömeg, térfogat, sűrűség, hő és hőmérséklet, fény).....	62
7.1.1. Előzetes tudás elemzése – tömeg, térfogat, sűrűség.....	62
7.1.2. Hő és hőmérséklet a gyermeki gondolkodásban	67
7.1.3. A fény	68
7.2. Mozgások	74
7.2.1. Legfontosabb gyermeki értelmezések a mozgásokkal kapcsolatban	74
7.2.2. A gyerekek előzetes tudásával kapcsolatos diagnosztikus vizsgálatok eredményeiről	75
7.2.3. A tanítási folyamat és az eredmények	79
7.2.3.1. A mozgások kinematikájának megértését segítő stratégia és az eredmények elemzése	79
7.2.3.2. A mozgások dinamikai feltételeinek megértését segítő stratégia és az eredmények elemzése.....	83
8.3. Elektromosság	88
8.3.1. A elektromossággal és az elektromos alapfogalmakkal kapcsolatos értelmezések a gyermeki gondolkodásban	88
8.3.2. A gyerekek előzetes tudásával kapcsolatos vizsgálatok eredményeiről.....	91
8.3.3. A tanítási folyamat és az eredmények	92
8.3.3.1. Az elektromos áram és a zárt áramkör fogalmának megértését segítő stratégia és az eredmények	94
8.3.3.2. A feszültség és az áramerősség fogalmi differenciálódását segítő stratégia és az eredmények.....	101
8.3.4. Az elektromosság témakör megértési nehézségei és a fizika más területein tanult ismeretek kapcsolata l	103
8.4. Anyagszerkezet.....	105
8.4.1. Az anyagszerkezet témakörébe tartozó fogalmakkal kapcsolatos gyermeki értelmezések.....	105
8.4.2. A gyerekek előzetes tudásával kapcsolatos vizsgálatok eredményeiről.....	107
8.4.3. A tanítási folyamat és az eredmények	111
8.4.3.1. A levegő (gázok) részecsketermészetének felépítését segítő stratégia és az eredmények	111
8.4.3.2. A részecskemodell elmélyítését és megerősítését segítő	

stratégia és az eredmények	116
8.4.4. A részecskemodell megértése és az arisztotelészi magyarázat kapcsolata	122
9. A kutatás eredményeinek összegzése	126
Irodalom	132
Ábrák és táblázatok jegyzéke	140
Mellékletek	142

„Tanítani - ez a művészet egyik formája, és ezért a tanárnak nemcsak nagy tudással kell rendelkeznie, hanem a diákokkal való kapcsolattartás is a kisujjában kell, hogy legyen.”

Glaserfeld, 1995

1. BEVEZETÉS, A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA

A tudományok és ezen belül a természettudományok szerepe a mindennapi életben izgalmasan alakul. Míg egyre több tudományos felismerés, felfedezés eredményeit alkalmazó eszköz veszi körül a ma emberét, eközben magában a tudományban bonyolult folyamatok zajlanak. A természettudományok mindennapi műveléséhez szükséges tudásterületek egyre elvontabbakká válnak. A tudományos ismeretek alapjai is olyan szerteágazóak, hogy már ezek egyfajta áttekintése, megismerése sem lehet általában célja a közoktatásnak. A legtöbb felnőtt ember pusztán élvezője a tudományos eredmények alkalmazásainak, a technikai újításoknak, gyakran anélkül, hogy az ezeket alkalmazó eszközök működésének alapjait ismerné. Nemcsak a tárgyakban megjelenő tudás változik nagy sebességgel, de maga a tárgyi világ is olyan gyorsan alakul át, hogy a technikai környezet működtetéséhez szükséges egyszerű használati rutin megszerzése is folyamatos tanulásra kényszeríti a mai kor embereit.

Minden tudományterületen felgyorsult a fejlődés, szinte lehetetlen lépést tartani a változó-átalakuló ismeretek rendszerezését célzó elméletek szaporodásával. Ebben a gyorsan változó világban az oktatás feladata is folyamatosan változik. Ma már mindenki előtt világos, hogy semmilyen oktatási rendszer nem vállalhatja, hogy akár csak egyetlen területen is teljes áttekintést ad a diákoknak. Mire a tananyag összeáll, a tankönyvek és egyéb segédletek elkészülnek, már megváltozik a tartalom.

Mire vállalkozhat tehát az oktatás? Legkevésbé arra, hogy bármelyik szintjén „kész” tudással felvértezett fiatalokat bocsásson útjukra. El kell érnie ezzel szemben, hogy az oktatási rendszerbe belépő kisgyermek természetes kíváncsisága egész életen át tartó tanulási motivációvá alakuljon, hogy az ehhez szükséges ismereteket és tanulásmódszertani tudását olyan körülmények között formálja, amelyek között a tanulás megtanulása is sikeres lehet. Olyan embereket kell képezni tehát, akik képesek önállóan tanulni, és a tanulást nem átmeneti tevékenységnek, hanem életformának tekintik.

2. A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS OKTATÁS ÉS A VÁLTOZÁSOK

2.1. Változások és kihívások az iskolai oktatásban

Rendkívül izgalmas a természettudományok helyzete ebben az alapvetően megváltozott világban, hiszen eredményeivel egyik fontos mozgatója a világ mélyreható átalakulási folyamatainak. A tudomány követi a tudományfejlődés logikáját, szinte napról napra születnek teljesen új kutatási területek. Az iskolai oktatásnak olyan kihívásokkal kell szembenéznie, amelyekkel korábban nem találkozhatott. A legfontosabb kihívások nem a természettudományok belső logikájából, hanem az alkalmazó társadalom felől, és az egyre újabb technológiák környezeti hatásainak következményeit elszenvedő természeti környezet állapota miatt fogalmazódnak meg. Tekintsük át ezeket a kihívásokat.

A természettudományos oktatás válságának jegyeit nemcsak a magyar közoktatás eredményei mutatják. A világ számos országában központi kérdés a tanulók természettudományokhoz való viszonyának változása.

Azt, hogy hazánkban a természettudományos tárgyak, és közöttük első helyen a fizika kedveltsége a tanulók körében milyen, számos vizsgálat eredményeiből tudjuk. Ahogyan azt *Csapó Benő* tanulmányából is világosan látszik, nemcsak arról van itt szó, hogy a gyerekek valamilyen „külső ok” miatt nem szeretik a fizikát, hanem arról is, hogy az oktatásban való előrehaladással egyre kevésbé szeretik ezt a tantárgyat.

A tíz vizsgált tantárgy közül a legproblematisabbnak a kémia és a fizika helyzete tűnik. (...)A fizika hatodikban lép be, így az első mérési pontunk szintén a hetedik évfolyamon van. Ekkor népszerűség tekintetében a fizika már az utolsó helyen áll, és mélyen a többi tárgy alatt marad a két további mérési ponton is. Ez a két tárgy annyira népszerűtlen, annyira eltér a többitől, hogy az már jelentősen akadályozhatja oktatásukat. Ez a jelenség egyben komoly tantervi, tanítási-módszertani problémákra utal (Csapó, 2000. 351. o.).

Ez a hozzáállás, ha nem is mindig ennyire élesen, de a legtöbb fejlett társadalomban megjelenik. A diákok jelentős része fordul el a természettudományos tantárgyak által közvetített ismeretek tanulmányozásától, ennek következtében napjainkban jelentősen csökken a természettudományos műveltségen alapuló felsőoktatási szakokra jelentkezők száma (Kocsi, 2002. 3-23 o.). Mivel mindennek komoly gazdasági következményei is vannak, fontos lenne javítani a természettudományos tantárgyak iránti érdeklődést a tanulók körében. Ez a kérdés ma már nem csupán az iskola belügye, az oktatás eredményessége, az iskolából kilépő fiatalok tudásának minősége fontos gazdasági tényezővé vált (Dunne, 2004. 145-160 o.). Ennek a helyzetnek a felismerése és a teendők fontossága vezetett 2000. márciusában az Európai Unióban a lisszaboni stratégia megfogalmazásához, amely a következő módon jelöli ki a legfontosabb feladatokat:

...[az EU-t] világ legversenyképesebb és legdinamikusabb tudás alapú gazdaságává kell tenni, mely képes a fenntartható gazdasági fejlődésre több és jobb munkahelyet és szorosabb társadalmi összetartást biztosítva (European Council, internet: 2008.10.13-án).

Az azóta kétségkívül megindult változások azt mutatják, hogy ezen a területen nem tudunk a várt sebességgel változtatni (Radnóti, 2002. 38-50 o.). Az viszont mára nyilvánvalóvá vált, hogy az oktatási rendszer hatékonysága nem az iskola belügye. Ahhoz, hogy a kérdésben a természettudományos oktatást érintő területen előrelépjünk, át kell tekinteni azokat az okokat, amelyek elvezettek a mai helyzet kialakulásához.

A XX. században a legtöbb európai társadalom bizalommal és nagy érdeklődéssel fordult a természettudományok felé. A tudományos eredmények gyakorlati alkalmazásai

átalakították az emberek hétköznapijait. Az elektromos hálózatok kiépülésével általánossá vált az elektromos energia felhasználása, a híradástechnikai eszközök, a számítógépek és az internet megjelenése és fejlődése teljesen átformálta az emberek mindennapjait.

Azoknak a tudományos eredményeknek a megértése azonban, amelyeken ez a hatalmas változás alapul, egyre bonyolultabb tudásrendszereket igényelt. A tudomány „frontvonala” és az eredmények alapján alkotott technikai eszközök hétköznapi felhasználója közti távolság egyre nőtt, ahogyan ez a „frontvonal” távolodott az egyszerűen megfigyelhető jelenségek körétől. A közoktatásban egyre nagyobb teret hódító „korszerű” természettudományos eredmények megértéséhez a korábbinál hosszabb tanulási időre volt szükség.

A XX. század közepétől egyre világosabban látszik, hogy új tanulási és megismerési stratégiák pedagógiai megformálása válik szükségessé. Ezek először olyan ismeretrendszerek tanulásában jelenhetnek meg, amelyeket korábban a közoktatásba még nem vontak be, így például az anyagszerkezet tanításakor. E téma tanításakor már egyértelműnek látszott, hogy nemcsak a tanulási tartalmakat, hanem a megismerési módszert is tanítani kell az iskolában, ha ezt a tudásterületet meg akarjuk értetni a diákokkal. Az első lépések egyike ezen a területen az volt, hogy az iskolákban a természettudományi tárgyak tanítása során központi helyet kapott a modellezési módszer megismertetése, az ehhez kapcsolódó hipotézisalkotás és kísérleti ellenőrzés tevékenységáncolat. A tanulói kísérletezés nagyobb mértékű bevonása a tanítási folyamatba segítette a diákokat a tananyag jobb megértésében, és még ha csak ezek idejére is, de „bekényszerítette” az együttműködésen alapuló tanítási módszert az iskolába.

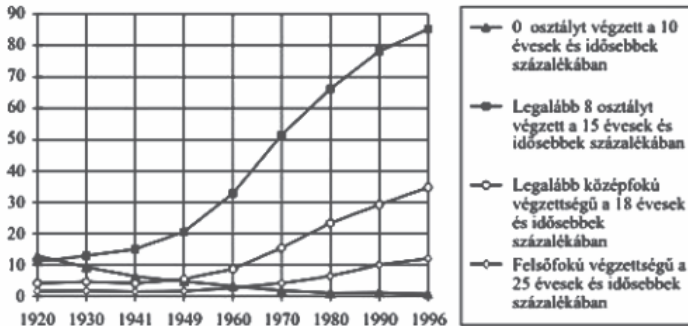
A XX. század második harmadában a magyar közoktatás eredményesen küzdött meg az oktatással szemben támasztott kihívásokkal. Ezt az 1970 és 1999 között elvégzett IEA vizsgálatokon nyújtott teljesítmények mutatják.

A nyolcadikosok körében lebonyolított nemzetközi IEA-felmérések több mint harmincéves múltira tekintenek vissza. Az első mérésre (FISS) 1970-ben került sor, ezt további három követte: 1983-ban (SISS), 1995-ben (TIMSS), illetve 1999-ben (TIMSS-R). Elmondható, hogy a magyar diákok valamennyi felmérésben kitűnően szerepeltek, 1995 kivételével a legjobbak között. Az 1983-as esztendő hozta a legnagyobb magyar sikert, akkor ugyanis – a távol-keleti országokat is túlszárnyalva – a legjobb eredményt érték el. A TIMSS-R 2001-ben nyilvánosságra hozott eredményeiből az 1983-as felméréssel összevethető siker képe rajzolódik ki, mindössze a tajvani és a szingapúri diákok végeztek előttünk, ugyanakkor hazánk egyike volt annak a három országnak, amely az 1995-ös teljesítményéhez képest szignifikáns javulást tudott felmutatni (Vári és mts., 2002, 42. o.).

Ehhez a képhez az is hozzátartozik, hogy a jó eredmények mögé nézve már előre jelezhető, hogy a magyar diákok természettudományos műveltsége problémákat is hordoz magában. Már ekkor látszik például, hogy milyen erős a gyerekek teljesítményét meghatározó tényezők között a szülők iskolai végeztségének hatása. Miközben a természettudományos eredmények esetében is valóban jelentős hatásról van szó, a mérték mégsem éri el a matematika tesztben tapasztalhatót. Vári és munkatársai szerint ennek hátterében az áll, hogy amíg a magas iskolázottságú szülők gyermekeik továbbtanulása szempontjából például a matematika tárgy tanulását fontosnak tartják, hiszen az a középiskolában felvételi- és érettségi tantárgy is, addig ez a természettudományokra ez nem igaz. Már itt is érzékelhető a természettudományokkal kapcsolatos társadalmi megítélés negatív hatása, hiszen sem érettségizni, sem felvételizni nem „fontos” ezekből. Ez a trend a mai napig érezhető a természettudományok tanulásához való viszonyulásban.

Amíg hazánkban a jó eredmények nyújtotta látszólagos biztonságban nem történik alapvető szemléletváltás a természettudományos oktatásban, a világban fontos tendenciák gyakorolnak hatást e területre. Ezeknek a tendenciáknak a magyar közoktatásra gyakorolt hatása már csak késve, vagy csak nagyon gyengén érezhető. Az egyik ilyen fontos hatás a középfokú oktatás tömegessé válása.

1. ábra: Az iskolai végzettség alakulása Magyarországon 1920 és 1996 között



(Forrás: (Polónyi, 2002.)

Amíg korábban hazánkban a 80-as évek elejéig, csak a népesség egy kisebb része, 25%-a rendelkezett befejezett középfokú végzettséggel, addig ez az arány a XX. század végére már 35-40% körül mozgott. Az ezredfordulóra a legtöbb európai országban, így hazánkban is a tankötelezettség már 18 éves korig kitolódott. Ez azt jelenti, hogy elméletileg az iskolás korosztály minden tagja eljuthat az érettségig, de annyi biztosan igaz, hogy általánossá válik a középfokú iskolázottság.

Ez a változás új kihívásokat jelentett a közoktatás számára. Míg korábban a középiskolák feladata a tanulásra motivált, kiválasztottak tanítása volt, előkészítés a társadalmi érvényesülést jelentő érettségire és egyetemi tanulmányokra, addig alig egy két-évtized alatt olyan diákok jelentek meg tömegesen a középiskolákban, akik a tanulásra kevésbé voltak motiváltak. Ezek a diákok nem rendelkeztek határozott elképzelésekkel későbbi életpályájukkal kapcsolatban, sőt az iskolától várták el, hogy orientálja őket életcéljuk kialakításában.

Az oktatás tömegessé válása azt eredményezi, hogy a mai társadalmakban nemcsak a kiválasztottak tanulnak, hanem minden gyerek részt vesz az iskolai oktatásban. Ez a tény már önmagában is meg kell (kellene), hogy változtassa az iskola belső világát, hiszen olyan kereteket kell biztosítani, amelyek között bármely társadalmi rétegből érkezett diákok a nekik megfelelő módon és ütemben fejlődhetnek. Az oktatás tömegessé válása számos problémahelyzetet hoz létre a közoktatásban, amelyekről *Nagy József* így ír:

A középfokú képzés általánossá válásával az egész felnövekvő generáció részt vesz az iskolai képzésben. Ennek következtében szélsőségesen megnőtt a tanulók közötti fejlődési fáziskülönbség (az iskolába lépéskor az értelmi fejlettség különbsége öt évet tesz ki, ami 16 éves korig duplájára növekszik). Ugyanakkor a középiskola elvégzéséhez mindenkinek, a tömegessé váló felsőoktatásban való eredményes részvételhez, az egyre elméletigenyesebb szakképzettségek elsajátításához egyre többeknek, az élethosszig tartó tanuláshoz a túlnyomó többségnek különböző készségek és képességek optimális elsajátítására lenne szüksége, ami a hagyományos pedagógiai kultúrával, a tanított tartalmak eredményeként csak keveseknek sikerülhet. (Nagy, 2005. 56. o.)"

Az oktatás eredményességét vizsgáló elemzések feltárják, hogy ebben a helyzetben kétségbeesetten lemaradnak azok, akiknek fejlődése az átlagosnál későbben indul, vagy/és szociálisan hátrányos helyzetben vannak (Vári és mts., 2002), vagy bármely más oknál fogva különböznék a többiekől.

Számos a pedagógiával foglalkozó elméleti és gyakorlati szakember számára válik világossá, hogy a klasszikus iskolai környezetben született pedagógiai módszertan nem képes kezelni azokat a helyzeteket, amelyekkel a mai iskolának szembe kell néznie (Nagy, 2005. 56. o.).

A magyar természettudományos oktatás a nemzetközi vizsgálatokon nyújtott eredmények tükrében még napjainkban is jobb helyzetben van, mint a szövegértés vagy a matematika (Balázs és mts., 2007. 22. o.). Ha azonban szeretnénk részt venni és megkapaszkodni az egyre élesedő nemzetközi gazdasági versenyben, akkor további lépéseket kell tennünk, hiszen az új technológiák bevezetésének alapja a jól képzett, további tanulásra motivált és tanulásra képes munkaerő. A helyzet azért is figyelmeztető, mert a magyar diákok éppen olyan területeken szerepelnek gyengén, amelyek a természettudományok alkalmazásával, a természettudományos problémák azonosításával és megoldásával kapcsolatosak (Balázs és mts. 2007), és a tanulási motiváció területén sem tartoznak a kontinens élmezőnyébe.

2.2. A társadalmi-technikai környezet változásai

Nemcsak az iskola, hanem a társadalmi-technikai környezet is jelentős változásokon ment át. A technika fejlődése lehetővé tette olyan kommunikációs módok széleskörű elterjedését, és mindennapi használatát, mint a rádió, a TV, a PC-k és az internet. Ez többek között azt is jelentette, hogy véglegesen megszűnt az iskola tudásközvetítő monopóliuma. A tanulók egyre rohamosabban növekvő mértékben az iskolán kívüli forrásokból szerzik tudásuk jelentős részét (Csapó, 2003).

Mai világunkban minden ember naponta használja a természettudományos kutatások eredmények tárgyasult termékeit. A legkülönbébb elektronikai eszközök alkalmazása már része egy kisgyermek fejlődésének, olyan természetesen használja például a különböző távirányítókat, a mobiltelefont vagy a számítógépet, mint ahogyan jární és beszélni tanul. A mindennapi életben használt tárgyai, a főzési eljárások, az élelmiszerek előállítása, szállítása, tartósítása, a ruházathoz felhasznált textíliák, és sorolhatnánk szinte vég nélkül tovább, mind olyan természettudományos tudások tárgyasult eredményei, amelyeket a hétköznapi használat közben természetesen senkinek sem kell ismernie, vagy megértenie.

Amíg egy évszázada még elképzelhető volt, hogy az akkori tárgyi környezetben mindenki által használt eszközök működésének elvét, alapjait, a gyártási folyamatok némelyikét a tanulási idő alatt a gyerekekhez közelebb hozzuk, addig ma ez a feladat szinte megoldhatatlannak látszik. Azt mondhatjuk, hogy a mindennapi környezetünkben alkalmazott tudományos ismeretek és azok működésének megértéséhez szükséges tudás nem hozható összhangba. Ez a tény a természettudományokkal kapcsolatos közvélekedés alakításának egyik fontos tényezője. Befolyással van az érdeklődés drámai csökkenésére, arra, hogy egyre kevesebb fiatal választ olyan pályát, amelynek műveléséhez a természettudományok nehéznek vélt tanulmányozása vezet. Hozzájárul ahhoz, hogy a társadalomban teret nyert egyfajta tudományellenesség, míg ezzel egyidejűleg növekedtek az elvárások a tudományok teljesítőképességével kapcsolatban. Lábra kapnak áltudományos nézetek, hiszen a jelenlegi iskolai gyakorlat nem képes megfelelő természettudományos műveltséggel, vagy pontosabban: megfelelő szemlélettel felvértezni a fiatalokat. Joggal tehetjük fel a kérdést, akkor mit is kell ma tanítanunk az iskolában?

A következő terület, amely az iskolai képzéssel, s ezen belül, a természettudományos képzéssel szemben fontos követelményeket támaszt, a természeti környezet állapota, a természeti erőforrásokkal való racionális gazdálkodás. Napjainkban ez a terület a közgondolkodásban a természettudományos képzéshez tartozik, bár a fenntartható fejlődés

pedagógiájának szakemberei szerint ez egy tévhit, s valójában az egész iskolai nevelésnek kellene szolgálnia a környezettudatos magatartás fejlesztését. Mindenesetre részben erre a kihívásra válaszol az 1980-as években születő tantervi irányzat, amely tudomány-technika-társadalom (Science-Technology-Society, STS) néven jelentkezik a nemzetközi pedagógiai életben (Nahalka, 1993). A hazai tantervi munkálatok során ez az irányzat alig néhány programban jelenik meg (pl. Nahalka és Wagner 1990), s bár vannak kezdeményezések a feladat megoldására, semmi esetre sem mondhatjuk, hogy az iskolai természettudományos oktatás mindennapjait alapvetően reformálta volna meg a környezet állapotával való foglalkozás kérdése.

A fenntartható fejlődés fogalmának előtérbe kerülése ugyan fontos része a pedagógiai közbeszédnek (Havas, 2001; Jakab és Varga, 2007; Kovátsné Németh, 2006), de a mindennapi pedagógiai munkát egyelőre nem képes alapvetően befolyásolni. Noha napjainkban minden hazai iskola rendelkezik környezeti nevelési- és egészségnevelés kereszttantervekkel, azonban ezek léte önmagában még nem jelenti a pedagógiai gyakorlat lényeges átalakulását. A társadalom számára viszont egyre égetőbb kérdés lesz, hogy állampolgárai mennyire képesek felelős döntések meghozatalára, képesek-e mérlegelni hosszú-, és rövidtávú döntéseik környezetre gyakorolt következményeit.

Változó világunkban az iskolával szemben támasztott követelmény egyre inkább az lesz, hogy segítse a tanulókat tudásszerzési folyamataik megszervezésében, járuljon hozzá a hatékony, egyéni tanulási stratégiák kialakulásához. A XX. században felgyorsul a tudás „elévülésének” folyamata. Napjainkban egy embernek aktív élete alatt, különböző becsülések szerint, saját szakmájában is 3-6-szor kell újratanulnia az alapvető elemeket.

Ilyen társadalmi igények mellett az iskolai feladatokon kialakult tradicionális hangsúlyok átszerveződnek. Az iskolának és a pedagógusoknak ismeretbirtokosból tanulás- és tudásszervezőst tanítóvá kell válniuk, felkészítve ezzel a diákokat az élethosszig tartó tanulásra. Az oktatásnak reagálnia kell a társadalmi-gazdasági-technikai változásokra, de mindeközben nem növekedhet meg a diákok óraszám. Mindezek mellett kezelnie kell a környezettel kapcsolatos tudárendszereket, tanulói motivumokat, a pedagógiai munka végzését irányító elvek között a fenntartható fejlődés eszméje is teret követel magának. Az emberi egészség megőrzése és fejlesztése is közérdekké válik, így az iskolának ezen a területen is magatartásformáló, stratégiaalakító feladata lesz. Fontos feladatai lesznek továbbá az iskolának a diákok szocializációs folyamatai segítségével, a tanulási motiváció formálásában is. Az iskola belső világának teljes mértékben át kell formálódnia ahhoz, hogy ezeknek a feladatoknak képes legyen megfelelni.

Ezek azok a legfontosabb általános kihívások, amelyekkel minden iskolai területen szembe kell néznie az oktatási rendszernek. Mivel a felsorolt feladatok a tradicionálisan természettudományosnak nevezett tantárgyak műveltségi területeit érintik leginkább, ezért várhatóan egyre fontosabb kérdéssé válik a természettudományos oktatás helyzete, és az általa kínált megoldási lehetőségek.

2.3. Pedagógiai kérdések, problémák

Az elmúlt 20-30 évben a természettudományos oktatás folyamatos reformok, változások sorozatát élte át. Ezzel egyidejűleg, ahogyan azt korábban elemeztem, népszerűsége és hatékonysága nemhogy javult volna, de folyamatosan romlott. Egyre valószínűbbnek látszik, hogy a helyzet megoldására nem alkalmas a meglévő rendszer további javíthatása, érdemesebb a meglévő eredményeket megtartva új alapokra helyezni a természettudományok tanulását.

A megoldás keresésében a XX. század második felének tudományos eredményei, elsősorban a kognitív pszichológia, az agykutatás, és az informatika területén elért eredmények jelenthetik azt az elméleti alapot, amelyekre a változásokat alapozhatjuk. Az iskolában zajló folyamatok szempontjából azok az eredmények tűnnek a legfontosabbnak, amelyek a tanulási folyamatok természetével kapcsolatosak. A XX. század második felében a kognitív pszichológia megmutatja, hogy a tanulás során mindig a korábban már meglévő tudásrendszereink aktivizálódnak. Ez, a velünk született tanuló rendszereink segítségével, a környezettől felvett ingerek értelmezésekor zajló folyamat a személyes tanulás. Olyan iskolai környezetet kell teremtenünk a tanuláshoz, amely abból indul ki, hogy a tanuló elméje nem „tiszt lap”, hanem a tanuló egy a korábbi tapasztalatai által személyesen megkonstruált tudással rendelkező lény.

A körvonalazódó szemléletmód a konstruktivista pedagógia. E pedagógiai gondolkodási rendszer alapjait Magyarországon *Nahalka István* mutatta be (Nahalka, 1997; 2002b). A természettudományokkal kapcsolatos lehetőségekről, elsősorban a fizika tanítás területéről is megjelent már magyar nyelvű irodalom (Radnóti és Nahalka, 2002). Meggyőződésem, hogy a problémákat, a válsághelyzetet nem szakmódszertani kérdések újraelmezésével, a “kicsit jobban tanítás” módjainak megtalálásával lehet megoldani, hanem alapvető pedagógiai, elsősorban didaktikai kérdések felvetésével. A konstruktivista pedagógia ehhez megfelelő háttérül szolgál.

3. A KONSTRUKTIVISTA ESZMERENDSZER BEMUTATÁSA

3.1. A konstruktivista eszmerendszer gyökerei, kialakulása

Mivel munkám elméleti kereteit a konstruktivista eszmerendszer szolgáltatta, fontosnak tartom ennek rövid bemutatását.

A konstruktivista nevelésfilozófiai rendszer kialakulásának hátterében a konstruktivista filozófia áll. Maga a filozófiai gondolat, tehát hogy az ember a tudását nem készen kapja, hanem saját maga konstruálja, már az ókortól jelen van a filozófiai gondolkodásban (Galsersfeld, 1995), azonban mint nevelésfilozófia, és mint a tanulás pedagógiai értelmezésének kerete, a huszadik század utolsó harmadában erősödik meg. A tudásról és a tudás kialakulásáról vallott elképzelései az objektivista szemléletű filozófiai rendszerek mondanivalójával szemben fogalmazódtak meg. Az objektivista filozófiák azzal foglalkoztak, hogyan lehet a valóság és az azt érzékelő emberi lény (szubjektum) egyidejű részvételét a valóság megismerési folyamatában „objektivizálni”. Így alakultak ki a különféle tükrözésméletek. Az objektivista ismeretelméletek szerint a tudás kialakítása objektiv tükrözési folyamat, amelyet az tesz lehetővé, hogy van egy-egy értelmű megfeleltetés a valóság és az elmében létrejövő reprezentációk között, így ellenőrizhető, hogy a tudás maga igaz vagy hamis. Az objektivista ismeretelméletek közötti különbség lényegét az jelenti, hogyan ellenőrzik a tudás igazságát, és hogyan modellálják a tudás és a valóság közötti megfeleltetést.

Az objektivista filozófiák szerinti gondolkodás során azonban mindig szembekerülünk egy problémával, amely abból származik, hogy az ember a környezetéről csak saját érzékelésén keresztül szerezhet információkat, így azok szubjektívvé válnak az érzékelés során. Mivel a megismerés folyamatának így aktív ágense lesz a szubjektum, vagyis a megismerő ember, tiszta objektiv megismerő folyamat nem lehetséges. Erre az ellentmondásra a különböző objektivista filozófiai irányzatok más-más úton keresik a választ, de ellentmondásmentes rendszert nem sikerült kiépíteniük, vagy ki kellett jelenteniük, hogy a világ nem megismerhető. Erre a számtalan ellentmondást rejtő kérdésre ad forradalmian új választ a konstruktivista filozófia.

Konstruktivista ismeretelmélet abból indul ki, hogy a világról alkotott ismeretrendszerek igazságtartalmának elemzéséből indul ki, hiszen a környezetről minden információt az érzékelés útján szerzünk meg, s az érzékelés soha nem lehet független az érzékelőtől. *Glaserfeld* szerint a tudás igazságtartalmát – klasszikus értelemben véve –, nem lehet eldönteni, hiszen a megfigyelő nem tudja magát függetleníteni a megfigyeléstől, és így természetesen a valóságtól. Ezért a *konstruktivista filozófia alapkérdésnek nem a tudás igazságtartalmát választja, hanem a tudás alkalmazhatóságát, viabilitását*. Ez a valóban újszerű kérdés már jól vizsgálható. (Glaserfeld, 1995. 7-9 o.)

A konstruktivista felfogás szerint tehát a tudásnak nem a hagyományos értelemben vett „igazsága” van, hanem *viabilitása* (másképpen: *adaptivitása*). Ez azt jelenti, hogy ha a környezetről alkotott tudásunk segít a környezetben való eligazodás során, akkor ez a tudás „jó”. Ha nem ad segítséget, nem képes megfelelő előrejelzéseket adni a környezetben bekövetkező változásokkal kapcsolatban akkor „rossz”. Ha egy tudásrendszer ilyen értelemben „jó”, akkor megerősödik, ha pedig nem használható, akkor egyre jobban elhalványul, és más tudásrendszerek léphetnek működésbe.

3.2. Társtudományok, tudományos eredmények

Konstruktivista nevelésfilozófia a tudományelméletben és néhány tudományban, mint például a pszichológia, etológia és információelmélet, lezajló változásokkal egyidejűleg formálódott.

A tudományelméletben uralkodó pozitivistá szemléletmóddal szemben korszakalkotó műnek bizonyult *Thomas Kuhn* könyve (1970, 2002), amelyben egy elmélet-irányított tudományos fejlődés képét tárta az olvasó elé. Popper (1997) a tudományos fejlődésben az állandó ellenőrzést, az elméletek cáfolatát (a falszifikációt) és a határok keresésének kérdését állítja a középpontba. Ezzel a tudományos elméletek állandó átalakulására helyezi a hangsúlyt, addig Kuhn szerint az elméletek, a paradigmák változásai csak kivételes esetekben, a tudományos forradalmak idején következnek be (Kuhn, 2002. 36-47. o.). Amikor nem zajlik forradalom, akkor a normál tudomány „működik”, s a meglévő, általánosan elfogadott paradigma keretében folynak a kutatások. *Lakatos Imre* (1997) a popperi és a kuhni nézetek kritikája során a tudomány fejlődését kutatási programok versengéséként jellemzi.

A pszichológiában bekövetkező forradalmi változás az volt, hogy a XX. század 50-es éveiben az addig uralkodó behaviorista szemlélettel szemben egyre inkább előtérbe került az a szemlélet, hogy az emberi viselkedést nem pusztán a külső környezetből felvett inger határozza meg. Alapvető befolyással van rá az ember belső környezete, addigi tapasztalatai tudása és így tovább. Ebből az is következik, ahogyan *Pléh Csaba* (1998, 40-46. o.) fogalmaz, ez a bizonyos belső ember már csak közvetetten, a róla kialakított modelleken keresztül ismerhető meg.

A pszichológiában egyre nagyobb teret hódít a kognitív szemlélet, és a figyelem a megismerési folyamatokra irányul, hatalmas lendülettel fejlődik a kognitív tudomány. A mesterséges intelligencia kutatását az informatikai eszközök gyors elterjedése is elősegítette, kutatási eredményei viszont több területre, így a kognitív pszichológiára is hatással voltak.

Az információ egyre inkább központi kérdéssé válik a legtöbb tudományterületen, így a biológiában is. A mi szempontunkból különösen két terület szemléletében jelent nagy változást. Az egyik terület a genetika, hiszen a kettős spirál felfedezése óta tudjuk, hogy az öröklődés a sejtekben tárolt információk továbbadásával történik. A másik terület az etológia. Az etológiában egyre elterjedtebbé vált a nézet, hogy a különböző állatok a környezet más és másfajta, a számukra leginkább releváns modelljét állítják fel (Csányi, 1999, 223-245 o.) Ezek a fajspecifikus belső modellek az egyes fajok számára a környezetükkel való leghatékonyabb együttműködés feltételeit biztosítják, és felhívják a figyelmet a tanulási folyamatok kontextusfüggőségére.

A kognitív pszichológia megalkotja a tanulás PDP-modelljét, (Paralell Distributed Processing) amely szerint az információ feldolgozása során az idegsejt-csoportok együttes tüzelésének mintázatai változnak. Ez egyben azt is jelenti, hogy az egyes érzékletek az egész tanuló rendszert módosítják, így jön létre a tudás. A tanulás ebben a szemléletben nem más, mint az egyes kapcsolatok erősségének folytonos módosulása.

3.3. Konstruktivizmus alapjai a pedagógiában

A XX. században *Piaget* volt az első, aki a tanulást egyfajta konstrukciós folyamatként értelmezte. Megállapítása szerint a tanulás során az értelem és a környezet kölcsönhatásai zajlanak. A környezeti ingereket értékelő elmében a beérkező inger elemzése után akkomodációs vagy asszimilációs folyamatok mennek végbe (*Piaget* 1967. 19-21.o., 111-123. o.). *Piaget* fogalmazta meg elsőként, hogy a tanulásban szerepe van a tanuló előzetes

elképzeléseinek, hiszen ha az új információ ezekkel harmonizál, akkor asszimilálódik, ha nem akkor a tanuló eszmerendszere alkalmazkodik, akkomodálódik az új információ hatására. A tanulás tehát nem más, mint egy adaptációs folyamat, amely az akkomodáció és az asszimiláció állandóan váltakozó működésével zajlik.

A tanulás, a tudás kialakulásának szociális közegben való történésére *Vigotszkij* hívta fel először a figyelmet (*Vigotszkij*, 1967). A kérdés jelentőségét mutatja, hogy *Piaget* is foglalkozik vele (*Piaget*, 1967). Írásában felhívja a figyelmet a nyelv kiemelkedő szerepére. Mind *Vigotszkij*, mind pedig *Piaget* kiemelik a gyermek tanulásában a szociális környezet fontosságát, bár *Piaget* munkái során kevésbé foglalkozik ezzel a kérdéssel.

3.4. Konstruktivizmus, tudás és tanulás

A konstruktivizmus tanulásképe az elmében zajló tudáskonstrukciót vázolja fel, tehát nem a valóság tükrözéséről, hanem egyfajta mentális reprezentációjáról beszélhetünk. Az így kialakított eszmerendszer alapján magyarázzuk és jelezzük előre a történéseket, döntünk, cselekszünk, oldunk meg feladatokat. A tevékenységek sikere vagy kudarca visszajelzi a konstrukciók használhatóságát, és ha szükséges, akkor módosítjuk azokat. Így az is nyilvánvaló, hogy minden újabb ismeretet, információt egy már létező mentális rendszer értelmez, ebbe épül be, vagy készíti éppen ezt a mentális rendszert megváltozásra, önmaga átalakítására.

A tanulás értelmezésével, kutatásával, számos tudományág foglalkozik, s ezek eredményei állandóan hatással vannak a konstruktivizmus tanulásképeire. Tanulásként értelmezhetők a számítógépek működése során történő folyamatok, az élő rendszerek működése és a bennük bekövetkező jellegzetes változások. Az emberi közösségek szabályainak megismerése és betartása is értelmezhető tanulási folyamatként.

Amikor a tanulás kérdéséről beszélünk, akkor először azzal kell szembenéznünk, hogy a tanulás egy általános fogalom. *Fosnot* szerint tágabb értelemben véve, a tanulást tekinthetjük egy önszabályozó folyamatnak, melynek során a tanuló elméjében a világról kialakult mentális modellek, és az ezzel nem összeegyeztethető új elméletek közötti konfliktusokból származó újabb valóságmodellek konstruálódnak. Ezeket a modelleket, amelyeknek a létrehozása során kulturálisan meghatározott eszközöket és szimbólumokat használunk, vitákban és a legkülönbözőbb szociális helyzetekben folytonosan próbára tesszük. E szerint tehát a tanulás nem más, mint a konstrukciók folyamatos építése, átstrukturálása. A tanulást az teszi lehetővé, hogy rendelkezünk bizonyos velünk született tanulómechanizmusokkal, mint például a nyelvi, vagy a fizikai világ érzékelésére szolgáló alapmechanizmusok (*Fosnot*, 1996).

A konstruktivista tanulásfelfogásban alapvető szerepe van az egyénben kialakult előzetes elképzelések rendszerének. A tudás tehát egyéni konstrukció, és mint ilyen minden egyes embernél más és más. Gyakran nem felel meg a tudomány által kialakított rendszernek, de alkalmas a hétköznapi életben, a munkában, stb. való eligazodásra. Minden mentális reprezentáció összetett, bonyolult rendszer, amely állandóan módosul, változik.

A konstruktivizmus tanulásról alkotott képével kapcsolatos felfogásról több rendszerező írás is született (Feketéné Szakos, 1998, Nahalka, 1997), ezek alapján emelem ki a pedagógia számára fontos következtetéseket.

Agyunk, amely a tanulás biológiai alapja, operacionálisan zárt, de a környezettel állandóan kapcsolatban lévő rendszer. Amikor valamilyen észlelés megtörténik, az ehhez kapcsolódó gondolkodás és tanulás nem az objektív valóságot képezi le, hanem az agy a saját maga által létrehozott mentális modelttel működteti-vizsgáztatja. Ennek megfelelően a születő konstrukciók bevalását nem valamilyen objektív igazság, hanem használhatóságuk

szerint értékeli. Noha ezek a konstrukciók személyes jellegűek, az egyén mégis képes ezekről környezetével kommunikálni, saját elképzeléseit mások konstrukcióival összehasonlítani (pontosabban a mások konstrukcióiról alkotott saját konstrukciót összevetni a kommunikáció tartalmáról alkotott saját konstrukcióval). Az emberi tanulás sajátos jellegzetessége, hogy képesek vagyunk magunk megfigyelésére, és elemezni tudjuk az e közben zajló folyamatokat.

3.5. Irányzatok a konstruktívizmusban

3.5.1. A radikális konstruktívizmus

A radikális konstruktívizmus a XX. század második felében bontakozott ki. Egyik legjelesebb képviselője *Ernst von Glasersfeld*. E felfogás szerint a tanulás az egyénben zajló konstrukciós folyamatok során történik. Az egyén, vagyis a tanuló rendszere operacionálisan zárt, csak olyan ismereteket konstruálhat meg, amelyeket saját rendszere számára lehetővé tesz. A konstruktivista felfogás legfontosabb állításait *von Glasersfeld* a következőkben foglalja össze

1. Mivel a tudomány (elmélet) csak a gyakorlatban vizsgálható, hasznossága csak így dönthető el, igazsága azonban ontológiai értelemben nem (ahogyan azt a legtöbb filozófus elvárta volna).
2. Miután egy cselekvés-, vagy gondolkodásmód bizonyos körülmények között hasznosnak bizonyul, ez nem jelenti azt, hogy ez a módszer az egyetlen lehetőség.
3. A konstruktívizmus szemszögéből nézve illúzió, hogy a nyelv birtokában egy ember a másik ember tudását, értelmezési kereteit megváltoztassa (*Glasersfeld*, 1995, 8. o.).

Ugyanebben a tanulmányában fogalmazza meg *Glasersfeld* a konstruktivista tanulásfelfogás egyik fontos álláspontját is.

Mivel a *fogalmat* a konstruktivista gondolkodás-modellben nem a megismerés tárgyától független magáért-való tárgy (*Ding-an-sich*), vagy viszonyok (*Verheltnissen-an-sich*) reprezentánsaként tekintjük, hanem az alkalmazkodás eredményeként, ezért csak olyan elemekből állhat, amelyeket a megismerő saját tapasztalataiból, benyomásaiból absztrahálni tud (i.m. 9. o.).

A radikális konstruktivisták azonban nem egységesek a közösségnek az egyén tanulására kifejtett hatásának megítélésében. Noha a radikális konstruktívizmus képviselői a tanulást elsősorban individuális, tehát a tanuló egyén elméjében lezajló folyamatként értelmezik, a legtöbben nem kérdőjelezik meg a társas tanulási helyzetek fontosságát. *Holger Wywra* szerint azok a konstrukciós folyamatok, amelyek a tanulás során az egyénben lezajlanak, az egyén már meglévő tudásrendszerei és szociális kapcsolatai által determináltak (*Wywra*, 1995, 18 o.). Mint az *Wywra* megfogalmazásából is látható, a radikális konstruktivisták szerint a közösségnek ugyan van hatása az egyén tanulási folyamataira, de ezt a hatást nem tartják eléggé fontosnak ahhoz, hogy a kérdéssel részletesebben foglalkozzanak. Maga *Glasersfeld* is több cikkében tesz említést a szociális tanulás szerepéről, de csak érintőlegesen foglalkozik a kérdéssel.

3.5.2. Tanulás közösségben - szociális konstruktívizmus

A szociális konstruktívizmus alap gondolata a XX. században először *Vigotszkij* munkáiban fogalmazódik meg. *Vigotszkij* szerint minden ember saját magáról alkotott képe, saját személyes belső világa a másokkal való különböző interakciók sokaságán keresztül alakul és formálódik (*Vigotszkij*, 1972).

Az irányzat az 1990-es évek elején indult fejlődésnek és alakult ki a konstruktivista gondolkodás talaján. Egyik kiemelkedő képviselője *Kenneth Gergen*. A szociális konstruktivizmus legfontosabb jellemzője, hogy a tanulás szempontjából elsődlegesnek a szociális közeg hatását tekinti. Az irányzat kialakulására itt is több tudomány illetve tudományokon belüli áramlat hatott, így például a tudománytörténet, a természettudományok, a technika, a kulturális antropológia, az irodalomtudomány, és a feminizmus. Ahogyan azt egyik írásában *Gergen* kifejti, el kell búcsúznunk attól az elképzeléstől, hogy a tudás az egyéni tudatban képződik, és a megfigyelőtől független, objektív valóságot tükrözi (*Gergen*, 2003). A tudás egy társadalmi termék, amely az emberek különböző együttműködéseiben jön létre, és amelyre komoly befolyást gyakorolnak a társadalmi tradíciók. A nyelv sem egyéni termék, hanem az egymás közötti kapcsolatfelvételnél, a szociális konstrukciók kiépülésénél az eszköze. A szociális konstruktivizmusban kiemelt szerepet kap a kommunikációelmélet, hiszen az emberi lét, és így az emberi érintkezés egyik igen sajátos és nagyon hatékony eszköze a nyelv. A tudás *Gergen* megfogalmazása szerint nem más, mint a világra való reflektálás.

Amíg a radikális konstruktivizmus számára a nyelv szerepe nem központi kérdés, addig a szociális konstruktivisták számára az egyik legfontosabb tanulási tényezővé válik. Nem is lehet ez másképpen, hiszen a társas tanulási helyzetekben alapvetően a nyelv segítségével zajlanak a konstrukciós folyamatok. A nyelv *Steven Pinker* szerint az ember egyik legfontosabb kulturális eredménye, és egyben mutatja, hogy az emberi elme képes a szimbólumok alkalmazására (*Pinker*, 1999. 15. o.). *Pinker* álláspontja szerint a tanulás minden esetben a nyelv által kínált szimbólumrendszer alapján zajlik.

A szociális konstruktivizmus képviselői elsősorban azért bírálják a radikális konstruktivizmust, mert olyan ismeretelméletnek tartják, amely túl sok figyelmet szentel a tanuló egyén belső feltételeinek, és e közben nem veszi figyelembe a környezeti hatások fontosságát.

Amiben a két irányzat megegyezik egymással, az az emberi tudás keletkezéséről formált elképzelés, nevezetesen az, hogy ez a tudás konstrukciós folyamatokban jön létre. Mindkét irányzat képviselői szemben állnak az objektivista ismeretelméletekkel.

A szociális konstruktivizmus szerint a tudás konstrukciós folyamatban való keletkezése mellett a másik, az iskolai folyamatok szempontjából alapvető jellegzetessége, hogy a folyamat közösségekben zajlik. Ebben a helyzetben különösen felértékelődnek az emberi kapcsolatrendszerek, a csoportokban kialakuló hagyományok, az együttműködési rendszerek és szokások. Nagy figyelmet kap a nyelv, mint a társas kapcsolatok, valamint minden emberi tevékenységek szervezője, közvetítője, amely szintén nem egyéni konstrukciós folyamat eredményeként születik, hiszen a nyelv maga egy szociális konstrukció. A szavak csak a közösségben (társadalomban) kialakult hagyományok segítségével nyernek értelmet. Ez egyben azt is jelenti, hogy van valamiféle közös, „kollektív tudás”, ami vezeti az egyént a tanulás során. A szövegek (tudásközvetítők) csak szövegkörnyezetben értelmeződnek, ez a szövegkörnyezet pedig társadalmi „termék”.

A radikális konstruktivizmus nem a tanuló ember szociális környezetére összpontosít, hanem a tanuló egyén szempontjából elemzi a folyamatokat.

Munkám elméleti kereteinek kialakításakor mind a radikális, mind pedig a szociális konstruktivista elképzelésekre támaszkodtam. Tettem ezt azért, mert a kutatás tényleges tanulási folyamatok során zajlott, és a valóságos iskolai élet komplexitása megkövetelte az összetett helyzetek kezelését is. Amikor az osztálytermi folyamatokat terveztem meg, akkor elsősorban a szociális konstruktivista elképzelések talaján dolgoztam, hiszen az osztályok munkájának megtervezése egy közösségi tudás és szokásrendszer működésével történhet. Amikor a tanulás során az egyéni differenciálás került előtérbe, amikor az egyes tanulók továbblépése volt az irányadó tervezési elem, az egyéni tanulási folyamatokra koncentrált radikális konstruktivista elképzeléseket vettem alapul.

3.6. A tanulási folyamat a konstruktivizmusban

A tanulás konstruktivista felfogása szerint a gyerekek maguk konstruálják meg tudásukat, ebben a folyamatban a tanulási környezet minden eleme fontos szerepet játszik.

A gyerekek előzetes tudása kritikus meghatározója a tanulási folyamatnak. Ennek oka, hogy minden a valóságból érkező üzenetet egy már strukturált kognitív rendszer dolgoz fel, annak megfelelően, amilyen állapotban éppen az információfeldolgozásakor van. Éppen ezért az iskolában az előzetes tudás, a már meglévő kognitív rendszerek állapotának feltérképezése az eredményes tanítási terv elkészítése szempontjából döntő jelentőségű. Minden a konstruktivizmus elgondolásaira épülő didaktikai megfontolásnak kiindulópontja az előzetes tudás megismerése.

A téma nemzetközi szakirodalmában ma már megszámlálhatatlan mennyiségben találunk írásokat a konstruktivizmus, a konstruktivista pedagógia alapjairól, elveiről, valamint a gyermektudomány (a gyermeki világkép, a gyermeki elképzelések rendszere) kérdéseiről. Ahogyan azt többek között *Stella Vosniadou* és munkatársai megfogalmazzák: a kutatások azt mutatják, hogy a gyermekeknek már az iskolába kerülésük előtt határozott elméleteik alakulnak ki az őket körülvevő világról, amely elméletek azonban jelentősen különböznek az oktatás által közvetíteni kívánt tudományos elméletektől, alkalmasak viszont arra, hogy ezek működtetésével a gyermekek magyarázzák a világ jelenségeit (Vosniadou és mts., 2001).

3.6.1. Fogalmi váltás a tanulásban

Nagyon fontos, folyamatosan változó, újraértelmeződő terület a fogalmi váltás kérdése is. Fogalmi váltáson a legtöbben azt értik, amikor az elmében kialakult valamely magyarázó eszmerendszert egy másik, általában hatékonyabb, és a tudományos elképzelésekhez jobban illeszkedő elmélettel cseréljük ki a tanulás során. *Strike* és *Posner* szerint ahhoz, hogy ez a folyamat végbemenjen, arra van szükség, hogy a tanuló elégedetlen legyen a korábbi értelmezési rendszerével, az új koncepció legyen indokolt és érthető, valamint segítségével lehessen jól értelmezni a vizsgált jelenségeket (Strike és Posner, 1992).

Vosniadou szerint, a fogalmi váltás konstruktivista megfogalmazásánál a tudás kialakulására kell koncentrálnunk, a tanulást úgy fogjuk fel, mint egy már létező tudásstruktúra átszerveződését, és nem tekinthetjük pusztán a tudásrendszer gazdagodásának. A fogalmi váltás annál nehezebb, minél távolabb áll a tanuló által előzetesen birtokolt magyarázó elmélet attól, amelyet el kellene sajátítani. Ennek a folyamatnak az alapját az képezi, hogy az emberi elme az evolúció során képessé vált arra, hogy a környezetéből érkező ingereket, információkat értelmezze, és ezekből a környező világot magyarázó elméletrendszert hozzon létre. A korai konstrukciók gyakran ellentmondanak a tudományos magyarázatoknak, így a tanítás nem lehet pusztán a meglévő tudásrendszer gazdagítása, hanem az elméletrendszer átszervezésére, kell törekedni (Vosniadou, 1994. 63-64. o.).

A fogalmi váltások értelmezésében többféle megközelítés is létezik. *Vosniadou* a fogalmi váltást egy olyan folyamatként értelmezi, amelynek során a tanuló képessé válik arra, hogy meglévő értelmezési kereteire építve konstruáljon új modellt, s e folyamat során az elméletnek egyéni mentális reprezentációi jönnek létre (Vosniadou, 2000). *Mortimer* szerint az is elképzelhető azonban, hogy a fogalmi váltás nem a már meglévő gondolati rendszer átalakulásával történik meg. Mivel a megismerési és gondolkodási folyamatok

sokféle módon folytathatnak le, lehetséges, hogy egy teljesen új eszmerendszer épül ki, függetlenül a korábban már létező értelmezési keretektől (Mortimer, 1995. 267-285).

A fogalmi váltás elméleti elemzése és empirikus kutatása során a szakirodalomban gyakran használták a „tévképzetek” megnevezést („misconception”) a tanulók sajátos elképzeléseinek leírására. A szó ilyen jelentésű használata azonban komoly kritikát kapott. A fogalmi váltásokat tévképzetek átalakításához kötni *Chi* és *Roscoe* szerint azért problematikus, mert a tanulói képzetek állandóan formálódnak, és ebben a folyamatban nem lehet eldönteni, hogy mi a tévképzet, és mi a tanulási folyamat során kialakult értelmezési keret. Úgy vélik, hogy a tanulóknak először azonosítaniuk kell saját előzetes elképzeléseiket, majd a tanulás során a megfelelő fogalmi kereteket kell konstruálniuk. (Chi és Roscoe, 2002, 4-5. o.).

DiSessa szerint a fogalmi váltások a divergens tudáselemek komplex rendszerré szerveződéséként értelmezhetők (*DiSessa*, 2002).

Ivarsson és munkatársai sokkal radikálisabb álláspontot foglalnak el a fogalmi váltások értelmezésével kapcsolatban. Azt állítják, hogy a naív elméletek szerepe nem annyira alapvető ebben a folyamatban, mert a fogalmi váltás nem más, mint egy intellektuális „szerszámkészlet”, a gondolkodási mód átfarmálódása. E szerint az elképzelés szerint, a fogalmi váltás abból következik, hogy a tanuló sokféle, változatos kontextusban dolgozik különböző problémák megoldásán, és a változás a társas kapcsolatokban jelenik meg (*Ivarsson* és mts., 2002).

A fogalmi váltást értelmezték úgy is, mint a kezdő szinttől a szakértő szintig való változás lehetőségét. Ebben a felfogásban, amelyet elméletek elméletének is szoktak nevezni, minden előzetes elképzelés lényegében egyenértékűnek tekinthető a tudományos képpel. A fogalmi váltás ebben az értelmezésben tehát a különböző elméletek kicserélődését jelentette. Ennek az irányzatnak az egyik legnevesebb képviselője *McCloskey* volt (*McClosky*, 1983). Többen, így *Andrea diSessa* is, ezt az elméletet nagyon félrevezetőnek tartották. Az ő véleményük szerint a világról kialakított elméletek egymástól viszonylag elszigetelt, csak laza kölcsönhatásban álló gondolat-elemek, melyek legtöbbször nem formálódnak tudományos igényű elméletrendszeré (*DiSessa*, 2002).

Azzal összefüggésben, hogy a fogalmi váltások értelmezésével kapcsolatban ilyen sokféle elképzelés alakult ki, két tényező kiemelt szerepet játszott saját kutatásaim során. Egyfelől, a fogalmi váltás kérdése alapvető kérdés a konstruktivista pedagógiában, másfelől mindegyik értelmező talált valami kritizálható elemet a korábbi meghatározásokban. Ez egyben azt is jelzi, hogy itt egy nagyon bonyolult folyamatról van szó, aminek értelmezése során fontos szerepet kap az is, hogy a tanulást pusztán az egyén szempontjából elemezzük, vagy figyelembe vesszük azt is, hogy ez a folyamat társas helyzetekben zajlik. Iskolai körülmények között, amikor a különböző tanulási helyzetekben a tanulók megfogalmazzák a feltett kérdésekre a válaszokat, vagy éppen kérdéseket fogalmaznak meg egy-egy felmerülő problémával kapcsolatban, minden esetben a nyelvet használják közvetítőként. Az egyes kifejezések, szavak értelmezése pedig a nyelvhasználók közösségében, vagyis az aktuális tanulóközösségben zajlik, s e módon szociális viszonyok által meghatározott (*Karlgren* és *Ramberg*, 1995). *Arimoto* és *Uenó* kifejtik, hogy a tanulás nem pusztán az egyes tanuló elméjében zajlik, hanem a tanuló szociális kapcsolatrendszere által meghatározottan történik (*Ueno* és *Arimoto*, 1993).

Duit és *Treagust* szerint azért is kiemelten fontos a fogalmi váltásokkal kapcsolatos terület tisztázása és az elméletek közérthető megfogalmazása, mert ez a terület olyan lehetőséget tár fel a természettudományos oktatás előtt, amely lehetővé teszi a mainál sokkal eredményesebb tanítási folyamatok megszervezését (*Duit* és *Treagust* 2003).

A fogalmi váltásokat elemezve több kutató is emelte ki, hogy ezek sok rokonságot mutatnak a tudomány fejlődése során lejárolt paradigmaváltásokkal. Ez azért fontos, mert

a tanulási folyamatok szervezése során ezek a mozzanatok előre tervezhetők, és ezzel segíthetik a tanulás eredményesebbé tételét (Nussbaum 1989; Dunbar, 1997; Meltzoff 1999; Gopnik és Nazzi, 2003).

3.6.2. Tanulási környezet és a fogalmi váltás

Mi az, ami egy tanulót rábír arra, hogy megváltoztassa saját mentális modelljeit, vagyis bekövetkezzen a fogalmi váltás. *Strike* és *Posner* e lépés négy fontos feltételét fogalmazták meg (Strike, Posner 1992). Először: a tanulónak elégedetlennel kell lennie a korábbi értelmezési keretekkel. Másodszor: az új elméletnek értelmezhetőnek kell lennie. Harmadszor: az új elméletnek kezdetben is magától értetődőnek, indokoltnak kell tűnnie. És végül negyedszer: az új elméletől elvárható, hogy jól magyarázza a jelenségeket, illetve segítségével el lehessen jutni a kívánt válaszokig.

Izgalmas, ha megpróbáljuk megvizsgálni, hogy mennyire kell megváltoztatnia egy tanulónak saját mentális reprezentációinak rendszerét, hogy fogalmi váltásról beszélhessünk. *Susan Carey* például csatlakozik azokhoz, akik úgy vélik, a tanítást mindig onnan kell elkezdni, ahol a „gyermek éppen tart”. Felhívja a figyelmet arra, hogy a gyermekek tanulási folyamataiban állandóan képződnek az újabb és újabb személyes konstrukciók, és noha ezek egy-egy tanulási szakasz végén még gyakran nem közelítik meg az oktatás által megcélzott tudományos elképzeléseket, mégis eredményként kell ezeket kezelni (Carey, 2000).

3.6.3. Fogalmi váltás, motiváció, attitűd

A fogalmi váltásokkal kapcsolatos kutatásokkal párhuzamosan az utóbbi évtizedben bontakozik ki egy másik kutatási terület (*persuasion research*), amely azzal foglalkozik, hogy hogyan lehet eredményesen rábeszélni, meggyőzni valakit álláspontjának megváltoztatására. Noha ezeket a kutatásokat elsősorban a média világában zajló folyamatok elemzése céljából végezték, számos olyan eredmény született itt, amelyet érdemes lehet a tanulási folyamatok hatékonyságának javítása érdekében is felhasználni. *O'Keefe* szerint a meggyőzés nem más, mint egy a kommunikációs lehetőségek felhasználásával zajló folyamat, amelynek eredményeként egy másik személy mentális állapota megváltozik, bár e folyamat közben bizonyos szabadsággal rendelkezik (*O'Keefe*, 2002). Az ebben a tárgyban folyó kutatások között kiemelt szerepet kap annak megállapítása, hogy melyek azok a kritériumok, amelyek alapján egy szöveg által közvetített tartalom az olvasót előzetes elképzeléseinek átgondolására, megváltoztatására készíti. E kutatási terület nagy rokonságot mutat az attitűdök kutatásával.

Woods és *Murphy* a konceptuális váltások és az attitűdök megváltozási folyamatait elemző kutatások eredményeit elemezve arra következtetésre jutnak, hogy noha a két kutatási irányzat különböző területeken bekövetkező változásokkal foglalkozik, mégis hatékony lehet az együttműködés a kutatási területek között (*Wood* és *Murphy*, 2001).

A jelenleg is zajló kutatások megkísérlik a két terület közötti összefüggések és kapcsolódási pontok feltárását. Mindkét kutatási területnek fontos alapkérdése, hogy mikor, miért és hogyan kerül sor arra, hogy az emberek megváltoztassák meggyőződéseiket? *Stella Vosnidiou* szerint a fogalmi váltások szempontjából azért is érdekesek ezek a kutatások, mert talán hozzásegítenek ahhoz, hogy olyan szövegeket adhassunk a tanuló kezébe, amelyek jobban elősegítik a mentális reprezentációk átfarmódolását (*Vosniadou*, 2001).

E meggyőződések/vélekedések kutatásával kapcsolatos vizsgálatok sok rokonságot, ugyanakkor számos különbséget is mutatnak a természettudományok tanulásában olyan nagy jelentőségű fogalmi váltásokkal kapcsolatos kutatásokkal. A meggyőződések (persuasion) kutatása során nem természettudományos modellek változásait vizsgálják, hanem olyan kérdésekkel kapcsolatos állásfoglalások, nézetek megváltozásának folyamatát próbálják meg leírni, amelyek során az egymást kizáró eszmék között kell egyértelmű döntést hozni. Amíg a fogalmi váltások során a különböző koncepciók a valóság különböző, lényegében egyenértékű modelljeiként jelennek meg, addig különböző *szövegek* akkor mondhatók sikeresnek, ha a tanulót korábban elfoglalt álláspontját teljesen kizáró elmélet elfogadására képes rávenni. E területen a kutatások az 1990-es évek elején kezdődtek, amikor a nevelés pszichológiával foglalkozó kutatókban felmerült, hogy a fogalmi váltások sok tekintetben rokonságot mutatnak az attitűdváltással, hiszen az attitűdváltás tulajdonképpen a meggyőződések megváltozásának fő mechanizmusa.

Dole és Sinatra 1998-ban megfogalmazták a fogalmi váltások új modelljét, a Tudásrepresentáció Kognitív Rekonstrukciós Modelljét. E modell megalkotói a kognitív- és a szociálpszichológia eredményeire építettek, és a természettudományos nevelés eredményeit használták fel. A modell szerint a meglévő értelmezési keretek átalakításának első lépése az információ, jelenség összevetése a tanuló elméjében már kialakult értelmező rendszerrel. Az, hogy az új információ milyen viszonyban áll a tanuló elméleteivel, nagyban befolyásolja a további folyamatot. E modellben a meglévő értelmezési keretekkel való elégedetlenség csak egy azok közül a feltételek közül, amelyek a tanuló értelmezési kereteinek megváltoztatásához elvezetnek. Különösen fontos szerepet kap ebben a modellben, a motiváció, amelynek fontos részeit képezik a tanuló szociális tapasztalatai és kapcsolatai, azok az elvárások, amelyek a tanuláshoz való viszonyát alapvetően alakítják (Dole és Sinatra, 1998).

A fogalmi váltás és az meggyőződések és attitűdök megváltoztatásának folyamata közötti egyik legfontosabb különbség az *érték* kérdésében keresendő. A szociálpszichológiában az attitűd úgy értelmezhető, mint egy negatív és egy pozitív érték közötti folytonos skála adata. Az attitűdváltás legtöbbször azt jelenti, hogy e képzeletbeli skála két végpontjához rendelt vélekedésszerek egyike felváltja a másikat. (Pl. helyesli-e valaki az azonos neműek közötti házasságot, vagy nem.) Ezzel szemben, a fogalmi váltások esetében legtöbbször nem korábbi vélekedésünkhöz rendelt értéket kell átalakítani (legtöbbször ilyen érték nem is rendelhető ezekhez az elképzelésekhez), a fogalmi váltások során a tudásterületre érvényes teljes eszmerendszer tartalma és a szerkezete is módosul.

A meggyőződések (persuasion) és az attitűdök megváltozása legtöbbször számtalan vélekedés, véleményelem megváltozását feltételezik. A fogalmi váltások során legtöbbször a tartalom, az érvelések, és az ezekből kialakuló eszmerendszer koherenciájának a megváltozásáról van szó, tehát általában nem arról, hogy egy korábbi, valamivel kapcsolatos véleményünk éppen a későbbinek az ellentéte.

Ami a meggyőződések (persuasion) kutatásának eredményei közül legtöbbet segít a fogalmi váltások folyamatának feltárásában, az elsősorban a nézetek megváltozását legjobban segítő szövegek elemzése. Ha megértjük, hogy mi tesz egy szöveget, leírást, elbeszélést meggyőzővé, akkor sokkal hatékonyabban tudjuk előkészíteni a fogalmi váltásokat is. Több kutató, közöttük *Hynd* és *Guzetti* azt találták, hogy azok a leírások, amelyekben azonosíthatók az olvasó naiv elméleteinek elemei, és tartalmaznak ezek cáfolatával kapcsolatos elemeket is, eredményesebbek a fogalmi váltások elérésében, mint azok, amelyek ilyeneket nem tartalmaznak. Ez a megállapítás azért is nagyon fontos, mert iránymutató lehet a természettudományos tankönyvek szerzőinek az egyes témákkal kapcsolatos szövegek megszerkesztésében. A jól szerkesztett magyarázó szöveg segít az olvasónak a kognitív konfliktus azonosításában, ezzel mintegy előkészíti a talajt a

paradigma megváltoztatására (Hynd és Guzetti, 1998). Ez összhangban van *Posner, Strike, Hewson és Gertzog* 1982-ben publikált eredményeivel. Azt találták, hogy a fogalmi váltások létrejöttéhez fontos lépés, hogy a tanulók azonosítsák saját elméleteiket, és elégedetlenek legyenek azok magyarázó erejével (Posner és mts., 1982; ld. még Mikkilä és Erdmann, 2007).

A szövegek hatékonyságának elemzésekor fontos szempont az is, hogy megváltozott az információszerzés általános stratégiája. *Cynthia Hynd és Steven Stahl* több erre irányuló kutatás elemzését összefoglalva felhívják a figyelmet arra, hogy napjainkban az információkat legáltalánosabban rövid, lényegében egy perces szövegekből szerzi a lakosság, elsősorban a különböző híradások hangzó szövegeiből. Ehhez képest, az iskolai információszerzés ennél lényegesen hosszabb, olvasott szövegek értelmezésére épít (Hynd és Stahl, 1998).

A fogalmi váltások sikerességének szempontjából nem elhanyagolható tényezőket jelentenek a tanulók érzelmi és motivációs rendszerei, hiszen bármilyen meggyőzően és jól is érvel egy szöveg, ha a fogadó félben nincsen meg a készség a fogadásra, nem jöhet létre a fogalmi váltás (Boyle és mts., 2008; Hynd, 2003). Az emberi idegrendszer kutatása során elért eredmények alapján egyre inkább úgy véljük, hogy az érzelmi és motivációs állapotok között kapcsolat van. Így *Havas Péter* szerint különösen fontos kérdéssé válik a tanuláshoz való viszony szempontjából az iskolai környezet, hiszen ha itt a gyermeket támogató, elfogadó légkör veszi körül, a pozitív érzelmi beállítódás a tanulással kapcsolatos attitűdjére is megerősítőleg hathat (Havas, 2003). A tanulási motivációval kapcsolatban nem az egyes tanítási órákon a tevékenységek elvégzéséhez szükséges pozitív beállítódások kialakításának van elsődleges szerepe (noha kétségtelenül ez is fontos), hanem annak, hogy a teljes életút során működő, a tanulást életformának felfogó értelmezés alakulhasson ki a gyerekekben (Józsa, 2000). Ez a helyzet akkor válik különösen fontossá, amikor olyan terület tanulásának kérdéseiről gondolkodunk, mint a természettudományok, amelyekkel kapcsolatban számos vizsgálat mutatta ki az iskolázás során bekövetkező érdeklődésvesztést. A mai gyakorlat az, hogy az iskola a legtöbb esetben nem képes megtartani, vagy fokozni a tanulási motivációt. A jelenlegi helyzet elemzése során többen (pl. Csapó, 1998) arra a következtetésre jutottak, hogy középiskolás kor végére a fiatalok alacsony tanulási motivációja miatt már az is elképzelhető, hogy nem lesz elegendő jelentkező a felsőoktatásban a műszaki pályákra, s ennek már a gazdaságra is közvetlen hatása lehet.

4. A KUTATÁS FIZIKATUDOMÁNYI HÁTTERE ÉS A GYERMEKTUDOMÁNYOK KAPCSOLATA

4.1. Tudományos kép és a gyermektudományok

Minden kisgyerek a vele született információ-feldolgozó-tanuló rendszer szűrőinek a működésével folyamatosan érzékeli, és egyben értelmezi a környező világot. A gyerekeknek a világ magyarázatára maguk által konstruált elképzeléseit a szakirodalomban szokás gyermektudományoknak is nevezni. A gyerekek megismerési folyamatai szempontjából fontos a személyes indíték, kezdetben nagy szerepet játszanak az én- és emberközpontú magyarázatok. A gyermektudományok vizsgálata azóta került a pedagógiai kutatás előterébe, amióta a kognitív pszichológia feltárta, hogy a környezet jelenségeivel való ismerkedés nem „egy tiszta lapra írással” azonosítható tanulási folyamat eredménye.

A kisgyerekek az iskola megkezdése előtt már rendelkeznek naiv elméletekkel a körülöttük lévő világ, benne a természeti jelenségek megértéséhez. Ezt az egyénenként változó, személyes gondolati rendszert kell, kellene az iskolai tanulási folyamat kiindulási pontjának tekinteni, hiszen ez legtöbbször valóban a tudományos fogalmak megértésének bázisát jelenti. Tisztában kell lennünk azonban azzal, hogy ezek az elképzelések legtöbbször nagymértékben különböznek a tudományos fogalmak rendszerétől. Az iskolai képzés előtt született gyermeki elméletek rendkívül makacs képződmények, gyakran nem tűnnek el az iskolai képzés alatt, és az is előfordul, hogy éppen ennek hatására szerveződnek elméletté, és erősödnek meg.

Ezeknek a gyermeki eszmerendszereknek gyakran nemcsak a tartalma különbözik a tudományos elméletektől, de a felépülésüket szabályozó gyermeki logika sem követi a tudományos érvelések logikáját.

A gyermektudományok alakulásával kapcsolatban kiindulásként a szakirodalomból ismert vizsgálófeladatokat használtam. Jó néhány esetben ugyanazt a feladatot többféle módon is megfogalmaztam, mert az volt az érzésem, hogy a kérdezés módja is befolyásolhatja a válaszadást. Ezeknek a feladatoknak a részletes bemutatására az egyes témák kifejtésénél kerül sor.

4.2. Anyagi tulajdonságok

Az ebbe a témakörbe tartozó, a fizikatanítás szempontjából fontos alapfogalmak tudományos igényű kialakulásának az iskolai tanulás során a szakrendszerű tanulmányok megkezdése előtt kellene megtörténnie. A tudományos elképzelés szerint az anyagnak térbeli kiterjedése, tömege van, valamint kölcsönhatásra való képesség jellemzi. A fizika programok szinte mindegyike arra alapoz, hogy a gyerekek az iskolai fizika tanulás kezdetére legalább implicit módon ezt az elképzelést birtokolják. Mint azt látni fogjuk, ez egyáltalán nincs így, a fényről, az anyag megmaradásáról, a hőmérsékletről, a tömegről és a sűrűségről a gyerekek többsége olyan képpel rendelkezik, amelyre a hagyományos, e problémákat ignoráló látásmóddal és oktatási gyakorlattal nem alapozható sikeres tanítási folyamat. Talán az ilyen pedagógiai eljárások következménye lehet az egyik oka annak, hogy a fizika tanulása iránt egyre kevesebb érdeklődést mutatnak a diákok.

Fizikai fogalmak differenciálódása (statikus és dinamikus fogalom-együttesek)

A fizikai fogalmak kialakulásának egyik fontos lépése az anyag fogalom alakulása a gyerekekben. *Smith, Carey és Wiser* kimutatták, hogy az anyag fogalma, fejlődésének kezdeti szakaszában a gyermek számára többnyire azt az alapanyagot jelenti, amiből egy adott tárgyat készítenek (*Smith és mts., 1984*). A fizikai értelemben vett anyag fogalom a tudásterület gazdagodása után alakul ki és válik el fokozatosan a tárgyakat alkotó alapanyagok minőségét jelentő kategóriáktól.

A fizikai alapfogalmak kialakulása két differenciálatlan fogalom együttes fokozatos szétválásaként, differenciálódásaként értelmezhető (*Chi és mts., 1994*). Az egyikbe az úgynevezett statikus, a másikba a dinamikus fogalmak tartoznak.

A statikus fogalom együttes tartalmazza hosszúság-szélesség, vagyis a térbeli kiterjedést jellemző mennyiségeket, a térfogatot, a sűrűséget, a testek keménységének fogalmát és a fizikában súlyos tömegnek nevezett mennyiséget. A súlyos tömeg lényegében az a mennyiség, amelyet egy nyugalomban lévő egyenlőkarú mérleggel mérhetünk. E fogalom együttes elemeinek differenciálódását számos tanulmány elemzi. *Smith* és munkatársai kimutatják például, hogy a testek mérete és tömege a gyermeki gondolkodásban kezdetben ugyanazt jelenti, és csak e tudásterület gazdagodása következtében, fokozatosan válik el egymástól e két mennyiség. (*Smith és mts., 1984*) A tömeg és a sűrűség fogalmi differenciálódását vizsgálva *Smith, Snir és Grosslight* felhívták a figyelmet arra, hogy ezek a fogalmak is összefonódva formálódnak a gyerekekben, és azt tapasztalták, hogy a tanítási folyamat során csak azoknál sikerült a konceptuális váltást elérniük, akik már a tanítás megkezdése előtt is rendelkeztek valamilyen elképzeléssel arról, hogy e két mennyiség különbözik egymástól (*Smith és mts., 1992*).

Az alapfogalmak között a súlyos tömeg, és a térfogat, sűrűség, keménység fogalmak keveredése okozhatja a legmakacsabb problémákat. A tudományos elképzelés szerint, ha egy adott anyagmennyiséget valamilyen fizikai változásnak teszünk ki, mondjuk néhány fokkal megváltoztatjuk a hőmérsékletét, vagy megváltozik a halmazállapota, ezzel egyidejűleg a tömege nem változik meg. A gyerekek ezzel szemben gyakran úgy gondolkoznak, hogy a keményebb tárgyak egyben nehezebbek is, a halmazállapot változása, például az olvadás során a tömeg csökken, és így tovább. Az ilyen, és az ehhez hasonló gyermeki elképzelések előre jelzik azt a tényt, hogy az anyag és az energia a gyermeki gondolkodásban nem megmaradó mennyiségként jelennek meg.

A fizikában a sűrűség a tömeg és a térfogat hányadosával értelmezett mennyiség, amely az anyagra jellemző, azonos külső feltételek (azonos hőmérséklet, nyomás) esetén állandó érték. A gyermeki gondolkodásban ez a fogalom sokfajta értelmezést hordoz. Tartalmazza például a „sűrűbben folyósság” képét, s erre alapozva állítják, hogy az olaj sűrűsége nagyobb, mint a vízé, noha a legtöbben tudják, hogy az olajcseppek a víz felszínén maradnak. A fizikában ennek a gyermeki értelmezésnek a viszkozitás fogalom felel meg, a gyermeki gondolkodásban azonban összerosmódik a „sűrűség” fogalmával.

A gyermeki gondolkodásban a sűrűség fogalma gyakran keveredik a könnyebb-nehezebb fogalompárral is. Azt mondják például, hogy a vas azért merül el a vízben, mert a vas nehezebb, mint a víz. Amikor ilyen esetben felvetjük, hogy bármilyen kis vasdarab elmerül az óceánban is, pedig az óceánban lévő víz jóval „nehezebb”, mint a vasdarab, rendszerint zavarba jönnek, majd megpróbálják módosítani állításukat. A módosítások többségében már megjelenik az állítást könnyen igazgató térfogat képe, de a témához kapcsolódó beszélgetéseken legtöbbször még nem nyilvánvaló, hogy a kisebb-nagyobb reláció melyik mennyiségre vonatkozik.

A dinamikus fogalom együttesbe tartozik az erő, az energia, a munka, a teljesítmény, mozgásmennyiség, a hő, a hőmérséklet. Az e területen folyó kutatások eredményeit

összefoglalva *Driver* és munkatársai kifejtik, hogy a gyermeki gondolkodásban az energia a mozgás és erő fogalmak sokáig teljesen összefonódva léteznek. Sok gyerek úgy gondolja, hogy az energia az erő egyik fajtája, vagy egy olyan dolog, ami a mozgáshoz szükséges. Gyakori, hogy a gyerekek az energiát az élőlények tulajdonságaként értelmezik (*Driver* és mts., 1994; 1995). Az erő-fogalom fejlődésével kapcsolatban *Osborne* arra hívja fel a figyelmet, hogy nagy hatással van e fogalom alakulására a szó hétköznapi értelmezése, amely a tudományos erő fogalomtól nagyon távol áll, és ezért nem könnyíti meg a gyerekek tanulását (*Osborne*, 1980). *Driver* felhívja a figyelmet arra is, hogy a hó fogalmát például sok diák valamilyen anyagi jellegű dolognak képzei, és ehhez sokuknál még egy erő jellegű jelentéstartalom is kapcsolódik (*Driver*, 1983, 28 o.). Látható, hogy a dinamikus fogalom együttes fejlődése során milyen sok nehézséggel kell megküzdeniük a diákoknak, ha a tudományos igényű fogalmakat elsajátítását célzó tanulási folyamatban vesznek részt.

E statikus és a dinamikus fogalmi rendszerbe tartozó mennyiségek differenciálódása során feltárt nehézségek rámutathatnak azokra a tanulási nehézségekre, amelyekkel diákok a fizika tanuláskor találkozhatnak, és amelyek legtöbbször az értelmes tanulás gátjává válnak.

A fény

Az alapozó fogalmak között szerepel az iskolai tanítás során a fény is. A fizikában a fényt elektromágneses hullámként értelmezzük. A tudományos modellekben egyszerre tulajdonítunk a fénynek részecske és hullámtermészetet. A látással kapcsolatos jelenségek értelmezése során úgy képzeljük el a fényt, hogy a fényforrásból minden irányban egyenes vonalban terjed, a tárgyról visszaverődik, s e visszaverődött fény jut a szemünkbe, magával hozva a tárggyal kapcsolatos sokféle információt. Ez a látás elemei magyarázata. A gyerekek azonban a fényről is sajátos értelmezési kereteket alakítanak ki (*Guesne*, 1985; *Driver* és mts., 1994). A fény és a fényforrás a gyermeki gondolkodásban nem válnak el egymástól. Ha nincs fényforrás nem is lehet fény. A látás mechanizmusát gyakran nem kapcsolják össze a fényvel, a látást a szem képességének tekintik. Gyakran előforduló gyermeki elképzelés, hogy a látást a szemből kiinduló látósugarakkal képzelik el, amelyek mintegy „letapogatják” a környezet tárgyait.

4.3. Elektromosság

A gyermeki gondolkodásban az elektromossággal kapcsolatos elképzelések a környezetben zajló folyamatok magyarázataiként a fizikatanítás kezdete előtt már kialakulnak. Teljesen természetes folyamat ez, hiszen mai világunk eszközeinek többsége elektromos árammal működik. A fizika tanítása szempontjából nehézséget jelent az is, hogy a közbeszédben gyakran szerepelnek azoknak a fizikai mennyiségeknek a megnevezései, amelyek a fizikában az elektromos alapmennyiségeket jelölik. Az alapozó szakasz fogalmai közül ilyen az elektromos áram, az áramerősség, a feszültség és az elektromos mező. Mivel ezeket a kifejezéseket a gyerekek sokszor hallják, velük kapcsolatban megindul egy jelentérendszer kiépülése. A későbbiekben látni fogjuk, hogy ennek a jelentérendszernek az állapota milyen távol áll a tudományos igényű fogalmak értelmezésétől.

A fizikában az elektromosság az anyag alapvető tulajdonsága, melynek hordozói az elektromos töltésű részecskék. A töltéssel rendelkező részecskék, tárgyak körül elektromos mező alakul ki. Az elektromos mezőt munkavégző képesség szempontjából jellemző mennyiség a feszültség. Elektromos áramon töltéssel rendelkező részecskék egyirányú

mozgását értjük, amely egy elektromos mezőben akkor alakul ki, ha a mezőbe zárt vezető kerül.

A gyermeki elképzelések között az elektromosság gyűjtőfogalom, amely leginkább energia jellegű jelentést hordoz. A gyermeki elképzelésekben az áramló energia képe az egyeduralgó. Az elektromos áramról formálódó gyermeki képben kezdetben az a legjellemzőbb, amelyben a gyermek azt képzei, hogy a különböző elektromos eszközök az elektromos áramot/energiát ténylegesen „elfogyasztják”. Ezt a képet számos kutató, közöttük *Osborne* is kimutatta. Ebben az elképzelésben az áram az áramforrásból (telep, hálózat, stb.) az elektromos eszközbe áramlik, oda jut az energia, ott pedig „felhasználódik”, megsemmisül (*Osborne*, 1983). Gyakori az az elképzelés, amely szerint a testek elektromos állapotba kerülésekor elektromos töltések keletkeznek, majd ennek az állapotnak az elmúltával a töltések megsemmisülnek (*Kibble*, 1999).

4.4. Mozgások

A fizika tanítás során az egyik legmakacsabb problémát a mozgások témakörében kitűzött tanítási cél megvalósítása jelenti. Sokan foglalkoznak azzal, hogy feltárják azokat a okokat, amelyek ezt a fogalmi váltást olyan nehézvé teszik. (pl. *Rowlands*, és mts. 2007. 21-42 o.) A nehézségek egyik oka feltehetőleg abban keresendő, hogy mire a fizikatanítás érinti a kérdést, a gyermeki gondolkodásban már kialakult, és többszörösen megerősített elméletrendszerrel találkozunk. Ez az elmélet a mozgások arisztotelészi elképzelését tükrözi, ami nem egyeztethető össze a tanítani kívánt elméletrendszerrel, a mozgások newtoni elméletével. A mozgásokkal kapcsolatosan sok diák a már szervezett, és szavakban is megfogalmazott arisztotelészi rendszert birtokolja, amelynek állításai köszönőviszonyban sincsenek a közvetíteni kívánt elméletrendszerrel. A két elmélet szinte minden alapvető állításában különbözik egymástól (*Bushell*, 2000; *Pine* és mts. 2001).

Nem véletlen, hogy a mozgásokkal kapcsolatos jelenségek magyarázatában az arisztotelészi elmélet a tudományos életben is közel kétezer évig tartotta magát, rákényszerítve hibás állításait a követőkre. Állításai valószínűleg azért fogalmazódnak meg újra és újra a mozgásokkal ismerkedő, és azok okait kereső emberekben, mert a leghétköznapibb jelenségek esetében hatékonyan képesek megmagyarázni a történéseket. Felmerülhet a kérdés, hogy ha az arisztotelészi modell ilyen hatékony, miért nem foglalkozunk vele az iskolában úgy, ahogyan azt a valóságot egyre pontosabban leíró anyagszerkezeti modellek esetén tesszük? Erre a kérdésre nem könnyű a válasz, biztosan vannak történeti okai is. A newtoni mozgásemélet tanításának oka az, hogy azoknál a mozgásoknál, amelyek a Föld felszínén, a hétköznapi életben megfigyelhetők, ez a modell alkalmasnak bizonyul a jelenségek leírására. Ez pusztán még nem indokolná a newtoni elmélet tanítását, hiszen ezt a legtöbb hétköznapi esetben az arisztotelészi elmélet is megteszi. Az arisztotelészi elméletet felhasználva azonban nem lehet ellentmondásmentesen magyarázni a természettudományok más területein felmerülő problémákat. Így aztán természetes, hogy az iskolai tanítási situációkban előforduló legtöbb probléma megoldása esetén is a newtoni modell az, amely megfelelő segítséget ad a problémák elemzéséhez. A diákok előzetes tudása azonban szigorúan arisztotelészi, így a legtöbbjükhez el sem jutnak a newtoni modell állításai. Amíg az anyagszerkezet tanítása esetében több, egyre finomodó, és a jelenségek meghatározott körének értelmezésére kialakított anyagszerkezeti modellel is megismerkednek a gyerekek, addig mozgáseméletük átalakításának nehéz feladatához ilyen segítséget nem kapnak. Ahhoz, hogy a kívánt konceptuális váltás bekövetkezzen, először meg kellene érteniük, hogy milyen az a magyarázó elmélet, amit birtokolnak. Mikor használható, és mely szituációkban nem képes megfelelően előre jelezni a változásokat. Amíg a folytonos

anyagszerkezeti kép leváltásának szükségességét hétköznapi tapasztalatok is indokolják, a mozgások esetében nem erről van szó. Éppen ezért lenne különösen fontos nagy figyelmet szentelni ezen a területen a konceptuális váltás előkészítéséhez. Ehhez a folyamathoz adhatna segítséget, ha a gyerekekben korábban kialakult, és olyan sokáig sikeresen működő, de a newtoni elmélet megértését akadályozó arisztotelészi elméletet elemeznénk a tanítás során.

A newtoni mozgásemélet tanulási folyamatában az is nagy nehézséget okoz, hogy az elmélet egyik fontos alapeleme olyan absztrakció, amely a valóságban nem is létező tárgy képzeletbeli mozgásáról szól. Ez a magára hagyott test, amelyik semmilyen másik testtel, vagy mezővel nincsen kölcsönhatásban. Ilyen test a Földön a gravitáció miatt nem létezik. A gyerekek mozgásokkal kapcsolatos elméleteit vizsgálva azt tapasztalhatjuk, hogy azok az iskolázás különböző szakaszaiban lévő diákok esetében szinte nem változnak (Eckstein és Shemesh 1989).

A következő táblázatban egymás mellé állítottam a két rivális elmélet feltevéseit. Megpróbálom ezzel érzékeltetni, hogy milyen nehéz gondolati váltáson kell a gyerekeknek átmenniük ahhoz, hogy megértsék az iskolai tananyagot.

2. táblázat: A newtoni és az arisztotelészi elmélet összehasonlítása

ARISZTOTELÉSZI MOZGÁSKÉP	NEWTONI MOZGÁSKÉP
(1) A mozgás fenntartásához mindig valamilyen mozgató okra van szükség.	Az egyenes vonalú, egyenletes mozgás vagy a nyugalmi állapot a testek természetes állapota. Azonos dinamikai feltételek mellett jönnek létre. A magára hagyott test egyenes vonalban, egyenletesen mozog, a mozgás fenntartásához nem kell erő. A Földön azért kell az egyenletes mozgás fenntartásához kölcsönhatás, mert a testek mozgását a súrlódás akadályozza. A súrlódás a gravitáció miatt jön létre, hiszen az egymáson elmozduló felületeket ez „szorítja” egymáshoz.
(2) Egyenes vonalú egyenletes mozgást csak akkor végezhet egy test, ha valamilyen hatás fenntartja ezt a mozgást.	A magára hagyott test egyenes vonalú, egyenletes mozgást végez, vagy nyugalomban van. A valóságos földi szituációkban egyenletes mozgás esetében a súrlódással egyenlő nagyságú, de vele ellentétes irányú gyorsító erőre van szükség. A földön az egyenletesen mozgó testek legalább két kölcsönhatásban vesznek részt, amelyekből származó erők együttesen alakítják mozgását.
(3) A magukra hagyott testek egy idő után spontán módon megállnak, mert nem „hajtja” őket semmi.	A magára hagyott test megőrzi mozgásállapotát, amíg környezete ennek megváltoztatására nem kényszeríti. A Földön nincsenek magukra hagyott testek (olyanok, amelyek semmilyen kölcsönhatásban nem vesznek részt), a gravitációs kölcsönhatás miatt minden mozgó testre hat a súrlódási erő.

(4)Minél erősebb egy hatás, vagyis minél nagyobb erővel mozgat egy test egy másikat, annál nagyobb lesz a sebessége ennek a másik testnek, de egyenletesen fog mozogni, s ha azt akarjuk, hogy gyorsabban mozogjon, akkor még nagyobb erővel kell rá hatni.	Egy test nem mozog, ha a rá ható erő a súrlódási erőnél (tapadási súrlódás) kisebb, egyenletesen mozog, ha a súrlódási erővel (csúszási-, gördülési- stb.) egyenlő, és gyorsul, ha a rá ható erő a fellépő súrlódási erőknél nagyobb. Ha már egyszer az erő nagyobb, mint a súrlódási erők, akkor nagyobb erő nagyobb gyorsulást idéz elő.
(5) A szabadon eső testeket a súlyuk hajtja, tehát állandó sebességgel esnek.	A szabadon eső testeket a gravitációs kölcsönhatás gyorsítja. (A levegő pedig fékezi, de az a hatás kis magasságok esetén mindig kisebb, mint a gravitáció gyorsító hatása. Ha egy testet nagy magasságból ejtünk le, akkor egyszer eléri a levegő fékező hatása a gravitáció gyorsító hatását, és a test egyenletesen esik tovább. Ejtőernyős ugrásoknál ezt a sebességet szokták „utazó sebesség”-nek nevezni. A levegő fékező hatása függ a test sebességétől, és alakjától is.) Minél hosszabb ideig esik egy test, annál hosszabb ideig gyorsítja a gravitáció. Így a szabadon eső test mozgása egyenletesen gyorsuló mozgás. (Az általunk látható 1000-2000 méteres magasságok esetén.) A magasabbról eső test nagyobb sebességgel csapódik be a földre.
(6) Az a test esik nagyobb sebességgel (ugyanolyan magasságról rövidebb idő alatt) amelyiknek nagyobb a súlya/tömege, hiszen nagyobb sebességgel mozog.	A nem túl magasról leejtett, egyforma alakú testek egymás mellett esnek. A nagyobb tömegű vasgolyó egyszerre éri el a kisebb tömegű üveggyölyővel.
A könnyű testek felfelé, a nehéz testek lefelé mozognak.	A testekre a Földön lefelé irányuló erő hat, ez a gravitációs erő. Előfordulhat felfelé mozgás, de ennek oka nem a test „könnyű volta”, hanem a levegő felhajtó ereje, amely a levegőnél kisebb átlagsűrűségű test esetén nagyobb lehet a testre ható gravitációs erőnél.

A fenti táblázat alapját az arisztotelészi mozgásképp legfontosabb állításai képezték. Ezek mellett megadtam a newtoni magyarázatokat. Most röviden összefoglalom, hogy melyek azok az állítások, amelyeket az általános iskolás diákoknak el kellene sajátítaniuk:

- (1) A magukra hagyott testek egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek. (Magára hagyott testnek az olyan testet nevezzük, amely semmivel nem áll kölcsönhatásban.)
- (2) Ha egy test mechanikai kölcsönhatásba kerül egy másik testtel, akkor megváltozik a sebessége (a sebesség iránya és/vagy a nagysága).
- (3) Ha a kölcsönhatás állandó, akkor a sebesség változik, s mindig keresnünk kell a sebesség változása mögött rejlő okot (oka tehát nem a mozgásnak van, hanem a mozgás változásának).

A tapasztalat azt mutatja, hogy a gyerekek tudásrendszere a tanítani kívánt elmélettől igencsak távol áll. Mire ezt a területet tudatos tanítási akció érinti az arisztotelészi elmélet már tudásrendszerként él a gyermekben. Ebben a szituációban nem csoda, ha a tanítási folyamatban tett legtöbb kísérlet ellenére az arisztotelészi elmélet elemei makacsul tartják

magukat. Itt fogalmi váltásra lenne szükség, amelyre elegendő időt kell hagynunk. A fogalmi váltás többek között azt igényli, hogy a gyerekek alternatív megközelítésként fogadják el a különböző magyarázatokat, problémamegoldásokban használják az newtoni elméletet, szembesüljenek az arisztotelészi magyarázat korlátaival.

4.5. Anyagszerkezet

Az anyagszerkezet megismerésével kapcsolatban érdemes először a levegőről alkotott gyermeki elképzeléseket elemezni. A gyerekek környezetében a levegő a leggyakrabban előforduló olyan anyag, amelyet nem látnak ugyan, de létezéséről több szituációban is tapasztalatokat szerezhetnek. A levegőről alkotott gyermeki elképzelések így kiindulópontját képezik az anyaggal kapcsolatos tudományos modell megismerésének (Séré, 1985). Ezen a téren a kialakítani kívánt tudományos igényű elmélet szerint a levegőt apró, szemmel nem látható részecskék sokaságának tekintjük, amely részecskék tömeggel rendelkeznek, állandóan mozgásban vannak, így „bemozognak” a rendelkezésükre álló teret. Eközben egymással és a tároló edény falával is ütközhetnek. Az ütközéseket rugalmasnak képzeljük el, egy-egy ütközés után a részecskék mozgásállapota megváltozik. A hőmérséklet növekedése a modellben úgy képzelhető el, hogy a részecskék mozgásának sebessége megnövekedik. Ezt a modellt kinetikus gázmodellnek is szokták nevezni.

A gyermeki gondolkodásban a levegőről alkotott elképzelések folyamatosan változnak. A gyerekek a levegőt kezdetben nem tekintik anyagnak. A kisgyerekek azt gondolják, hogy a levegő „semmi”, vagy „álom”. Az egyik levegőről folytatott beszélgetésben egy gyerek, amikor a levegővel kapcsolatban elképzeléséről kérdeztem, a következőket mondta: a levegő az semmi, mert ha valakire nem akarunk odafigyelni, azt is szokták mondani, hogy „levegőnek nézték”, ezt pedig azt jelenti, hogy semmibe vették.

A levegő anyagi tulajdonságai a gyerekek számára először a lélegzéshez kapcsolódóan jelennek meg, majd a szél jelenségének értelmezésekor erősödik tovább ez az elképzelés. Később ez az elképzelés fokozatosan átalakul, és a levegőt egyre inkább valami folytonos, „ködszerű” anyagnak képzelik el. A „levegő” és a „gáz” fogalma sokáig két egymástól lényegesen különböző dolgot jelent (Korom, 2005. 106 o.). A fogalmi fejlődés során csak nagy nehézségek árán alakul a levegő, mint tömeggel rendelkező részecskékből álló anyag fogalma. Az iskolázás folyamán a levegőről és ezzel együtt gázokról alkotott gyermeki elképzelések csak lassan közelednek a tudományos modellekhez (Séré, 1985; Korom, 2005).

Az anyagról alkotott gyermeki elmélet minősége hatással van több természettudományos tudásterület megértésére is. A legtöbb kémiai magyarázat nem értelmezhető eredményesen folytonos anyaggéppel, de sok tanulási értelmezési gond keletkezhet a gázokkal kapcsolatos folyamatok fizikai értelmezése során is (Fehnsam, 1994). Az e területhez kapcsolódó jelenségek értelmezése *Tasker és Dalton* szerint azért is nehéz, mert a különböző kísérletek megfigyelése a makro szinten történik (ezt láthatjuk), míg a magyarázatokat mikro szintű modellek (különböző anyagszerkezeti modellek) működtetésével kell megalkotni. (Tasker és Dalton, 2008).

A gyermeki gondolkodásban egyidejűleg alakul a tömeg fogalom, és a levegőről alkotott elképzelés. Mint azt korábban láttuk, a tömeg fogalom formálódása is számos nehéz fordulatot keresztül halad a tudományos kép felé, nem csoda, ha ez a levegőről és az anyagról alkotott elképzelésekre is rányomja a bélyegét.

Az anyagszerkezeti kép megértését nehezíti még a mozgásokról kialakított gyermeki tudásrendszer is. Ebben a gyermekei felfogásban uralkodó arisztotelészi képpel sehogyan sem értelmezhető a levegőrészek állandó mozgása. Gondot okoz annak a tapasztalati

ténynek az értelmezése is, hogy a könnyű levegő nem száll fel, hanem a talaj közelében is megmarad.

Bármilyen összetett is azonban az a tudásrendszer, amely az anyagszerkezeti elképzelés formálódásakor érintett, tapasztalataim szerint mégis sokkal eredményesebben lehet ezen a területen felépíteni a tudományos igényű modellt, mint például a mozgások témakörében. Ennek oka összetett, szerepet játszik benne, hogy a gyerekek e területhez tartozó tudásrendszere nem olyan szervezett, mint a mozgásoké, viszonylag egyszerű a tudományos modell, és sok érdekes hétköznapi jelenség magyarázatában lehet vele sikereket elérni.

4.6. Energia

Az energiával való rendelkezés a fizikában az ismert anyagok tulajdonsága. Az energia állapothatározó, amely a kölcsönhatásra való képességet jellemzi, és rá megmaradási törvény érvényes. Zárt, tehát más anyagi rendszerrel kölcsönhatásban nem lévő rendszerben, bármilyen folyamat megy is végbe, a rendszer összes energiája a folyamat előtt és utána ugyanannyi. Szokás többféle energiafajtáról beszélni, attól függően, hogy milyen situációban történik egy-egy változás. A különböző energiafajták egymásba átalakulhatnak.

A gyerekek gondolkodásában megjelenő energia felfogás számos fontos eltérést mutat a tudományos elképzeléstől. A fizika tanulása előtti szakaszban az gyermeki energia-fogalom gyakran az élőlényekhez kapcsolódóan jelenik meg. A fogalom alakulása gyakran olyan hétköznapi szófordulatokból indul ki, mint „milyen energikus ez az ember, vagy „már nincs energiám elmenni valahová”, és így tovább. *Solomon* felhívja a figyelmet arra, hogy az energia-fogalom alakulása során számos egymásba-ágyazódott fogalom meglétével kell számolnunk (*Solomon*, 1992). Az energia tudományos fogalma távol áll attól a hétköznapi értelmezéstől, amellyel a gyerekek rendelkeznek, hiszen meglehetősen távol áll az „energikus ember” képétől. Az energia fogalom alakulásával kapcsolatban *Duit* felhívja a figyelmet arra, a 12-13 éves gyerekek körében végzett asszociációs vizsgálat tapasztalataira. Ebben a vizsgálatban a tanulók, valószínűleg hétköznapi tapasztalataikból kiindulva, az energiával kapcsolatosan leggyakrabban az „áram” szóra asszociálnak. Ez a tapasztalat nemcsak az energia-fogalom tanításának nehézségeire, de az elektromos jelenségek és fogalmak értelmezési nehézségeire is rámutat. A másik említésre méltó összekapcsolódás az energia és az erő fogalmak között alakul ki. Ugyanebben a tanulmányába *Duit* rámutat arra, is, hogy a gyermeki gondolkodásban az energia fogalom szinte alig kapcsolódik a munka fogalmához. A forgalomban lévő hazai tankönyveket elemezve viszont azt találhatjuk, hogy a legtöbb esetben az energiát a munka fogalmának segítségével vezetik be. Ez a felépítés nemcsak a hazai, hanem sok külföldi tankönyvre is jellemző (*Duit*, 1981). A tudományos energia fogalom konstrukcióját nehezíti, hogy gyermeki gondolkodásban a „hő” és a „hőmérséklet” fogalmak sokáig együtt formálódnak, s sajnos a magyar elnevezések hasonló nyelvi alakja tovább nehezíti a helyzetet (*Erickson* és *Thibergien*, 1985).

A gyerekek többsége úgy vélekedik, hogy az energia és az anyag nem állnak kapcsolatban egymással, illetve gyakori az energiát egy speciális anyaggal azonosító elképzelés. Ebben a gyermeki elképzelésben az energia a folyamatok során, mint egyik testről a másikra átáramló szubsztancia jelenik meg. Az a kép sok hasonlóságot mutat a tudomány történetből ismert hő-anyag elmélettel. A gyermeki gondolkodásban a különböző folyamatokban az energia ténylegesen elhasználódik, „eltűnik”, más esetekben viszont elő lehet állítani, tehát „teremthető”. Nehezíti a fogalom megértését, hogy a

gyerekek az erő és energia kifejezéseket gyakran egymás szinonimájaként használják (Driver és mts., 1994).

Az energiaátadás jellemzésére a fizikában a hőátadást és a munkavégzést szokták használni. A hőközlést a termikus jelenségek körében, a munkavégzést pedig a mozgás változásával kapcsolatos jelenségkörben használjuk az energiaváltozások jellemzésére. A hő és a hőmérséklet fogalmak fejlődése a gyermeki gondolkodásban kezdetben teljesen összefonódva indul. A két mennyiség közül a hőmérséklet az, amelyik szinte mindennapi tapasztalatként szerepel a gyerekek életében. Szinte naponta mérik, akár az időjárással akár betegségekkel kapcsolatosan, s nap, mint hallják az időjárás jelentésekben is. Világosan kell látni azonban, hogy a gyerekek hőmérséklet-fogalma extenzív és nem intenzív fogalom. Ez azt jelenti, hogy a gyerekek úgy gondolják, hogy az egymással kapcsolatban lévő testek hőmérsékletei összeadódnak és nem kiegyenlítődnek (Driver és Russel 1982; Erickson & Tiberghien, 1985; Appleton, 2006). A hő és a hőmérséklet fogalom differenciálódásának nehézségét akkor érthetjük meg igazán, ha áttekintjük, a két mennyiség értelmezését. A testek belső energiája összetett dolog. Első közelítésben a testet alkotó részecskék mozgásából eredő összes energiát értjük alatta. (Halmazállapotváltozások vizsgálatakor már bővül a fogalom a halmazt alkotó részecskéket „egymás közelében tartó” energiával, de a kémiai változások értelmezésekor is további elemekkel bővíthet a fogalom tartalma.) A hőmérséklet fogalom értelmezésekor az anyagot alkotó részecskék mozgási energiáinak az átlagát használjuk. Talán e háttér ismeretében már könnyebben érthető, miért olyan nehéz e két fogalom szétválasztása a gyerekeknek. Ha jól belegondolunk, a dolgok mélyén az áll, hogy mindkét mennyiség hasonló dolgoktól függ, mégpedig a részecskék mozgásától. Az is hasonló, hogy minél gyorsabb ez a mozgás annál inkább nőnek a vizsgált mennyiségek. Igaz, a hőmérséklet nem függ a részecskék számától, mert az átlag képzése szempontjából ez nem játszik szerepet. A hőmennyiség viszont a részecskék mozgásán túl attól is függ, hogy mennyi a rendszert alkotó részecske szám. Ha két anyagdarábot „összehozunk”, akkor a belső energia összeadódik, a hőmérséklet pedig kiegyenlítődik. Ez már jelentős különbség, de a gyermeki gondolkodásban nem alakul zökkenőmentesen ennek a két fogalomnak a szétválása annak, ellenére, hogy a hőmérséklet talán a leggyakrabban mért mennyiség az iskolai tanulmányok során.

5. DIDAKTIKA ÉS A KONSTRUKTÍV ESZMERENDSZER

A konstruktivista eszmerendszer térhódítása a didaktikára is kifejtette hatását. A didaktikai eljárásokban okozott változásokat többek között *Ewald Terhart* próbálta meg rendszerezni (Terhart, 1999). Arra hívja fel a figyelmet, hogy a konstruktivista elképzeléseken alapuló didaktika létrejötté azért is nehézségekbe ütközik, mert itt nem lehet a korábbi értelemben kritériumokat állítani a tanuló elé. A tanulás ugyanis nem kívülről szabályozott folyamat, hanem a tanuló egyénben zajlik. A tanítás eredményességét csak ahhoz az állapothoz lehet mérni, amelyről a tanuló elindult. Mivel a tanulás maga társas közegben zajlik, a közösségi hatásokat is figyelembe kell vennie a kialakuló didaktikának. Ebből az következik, hogy a szigorúan következetes konstruktivista alapú tanterv, csak egy szűk magtantervet foglalhat magába, hiszen a tanulók előzetes tudásából való kiindulás miatt nem lehet központilag meghatározni azt a célt, amit a tanulásra rendelkezésre álló idői keretek között el lehet érni. A valóságos tantervi szabályozás azonban ma a világon sehol sem ilyen. Ez azt jelenti, hogy olyan környezetben kell a konstruktivista elveket érvényesíteni, amelyek a tervezés során a tanuló előzetes tudásából való kiindulást megnehezítik. Dolgozatomban azt a célt tűztem ki magam elé, hogy megmutassam a konstruktivista elvek alkalmazásának egy lehetséges modelljét a jelenlegi oktatási környezetben.

A tanítás-tanulás konkrét eljárásaival kapcsolatban is bőséges szakirodalom és sok-sok fejlesztési eredmény áll rendelkezésre. Ezek az eredmények a legtöbb esetben olyan kísérletekben, fejlesztésekben keletkeztek, amelyekben domináns szerepet játszott az oktatási eszközök tekintetében rendkívül gazdag tanulási környezet (számítógép, fejlett multimédia, stb.).

Eddigi tapasztalataim szerint jóval kevesebb a hagyományos tárgyi környezetben való alkalmazásra vonatkozó kutatási, fejlesztési eredmény. Ugyanakkor a magyar – és meggyőződésem szerint minden más országban működő - iskolákban még valószínűleg hosszú ideig szükség van olyan megoldásokra, amelyek nem, vagy nem kizárólag a legmodernebb technika felhasználásával működtethetők. Ezen túl a választott téma jelentőségét az is kiemeli, hogy a természettudományos nevelésben az új technikák soha nem is lesznek képesek kiszorítani a valósággal való közvetlen kapcsolatokat, a valós kísérleteket és jelenségeket. Másik fontos tényező, ami egyre inkább az osztálytermi folyamatok felé irányítja a figyelmünket, a gyerekek egymás közötti kapcsolatainak, a kooperációnak, a problémák megoldása során kibontakozó vitáknak a tanulási folyamatokban betöltött szerepe.

5.1. Didaktikai paradigmák és gyakorlati alkalmazásuk

A konstruktivista didaktikai rendszer fogalmának értelmezéséhez először tekintsük át röviden mi jellemzi a korábbi pedagógiai gyakorlatot. Ahhoz, hogy a különböző pedagógiai elképzelések talaján kialakult gyakorlatokat össze tudjuk hasonlítani, megmutatva ezzel a konstruktivista elképzelések sajátosságait, tekintsük át röviden az egyes rendszereket legmarkánsabb jellemzőit.

A didaktikai elképzelések szempontjából meghatározó, hogy mit gondol a pedagógus arról, hogyan megy végbe a tanulás. A pedagógia történetét áttekintve több tanulásfelfogáshoz kapcsolódó gyakorlat működött és működik még ma is. A *Nahalka István* által publikált négy tanulásfelfogáshoz kapcsolódó pedagógiák legfontosabb elemeit

gyűjtöttem össze annak érdekében, hogy megmutassam milyen a konstruktivista didaktika ezekhez az elképzelésekhez képest (Nahalka, 2002b).

Az ismeretátadás pedagógiája az ókori-, sőt több vonatkozásban az őskori társadalmakban gyökerezik, a középkori oktatási rendszerekben él tovább és bontakozik ki. A tanulás középpontjában a mások által megalkotott szövegek elsajátítása, értelmezése áll, meghatározó szerepe a tanítás során a szövegeket megfogalmazó, a tudást közvetítő tanító tekintélyének van. A legfontosabb tanulási cél nem a saját értelmezések, tapasztalatok megfogalmazása, hanem a mások által megalkotott szövegek és értelmezések reprodukálása volt.

Comenius nevéhez fűződik a következő pedagógiai rendszer, amelyet a *szemléltetés pedagógiájának* is nevezhetünk. Az empirizmus talaján gyökerező rendszer fontos eleme, hogy a tanulók által érzékelt tapasztalatokat állítja a tanulási folyamat középpontjába. Ebben a gyakorlatban a tudás forrása a valóság, amelyről a tanulóknak érzékzerveik segítségével kell minél pontosabb tapasztalatokat gyűjteni.

A cselekvés pedagógiája, a reformpedagógia, a gyermek cselekvését állítja a tanulási folyamat középpontjába. Ebben a pedagógiai rendszerben a gyerekek állandóan valamilyen tevékenység aktív résztvevői, hol teljesen szabadon végzik ezeket, hol pedig valamilyen mértékű pedagógusi irányítás alatt állnak.

A konstruktivista pedagógia abból indul ki, hogy a gyerekek a tudást nem átveszik, hanem maguk konstruálják meg. Ebben a folyamatban meghatározó szerepe van a gyerekek előzetes tudásának, a tanulásról alkotott tudásának, társas kapcsolataiknak is.

A következőkben röviden összefoglalom három nagy pedagógiai rendszer tanulásról alkotott felfogásának legjellemzőbb vonásait, majd részletesen kifejtem a konstruktivista didaktikai rendszerrel kapcsolatos elképzelésemet.

5.1.1. Az ismeretátadás pedagógiája

Stratégia

Az emberiség története során először kialakult paradigma, amely a számtalan nemzedék során felhalmozódott, gyakran évszázadokig alig változó ismeretek rendszerének továbbadását szolgálta. A középkorban kiteljesedő rendszer már létrehozta a mai közoktatás legtöbb szintjét.

Stratégiáját elsősorban mások által korábban megalkotott szövegek, tartalmak megtanulására alakította ki. Ezért központi szerepet kap benne az adott szövegek minél pontosabb megtanulása és felidézése. Gyakori a felolvasás, a tanult szövegek fejből való elmondása, a közös ismétlés. Mivel a szövegghűség a tanulási célok között kiemelt szerepet tölt be, fontos a pontos és biztos olvasástudás, de nem játszik szerepet a tanulásban a szövegek jelentésének önálló értelmezése.

A tanulás szervezeti keretei és formái

A tanulócsoporthoz szervezése az alapján történik, hogy melyik csoport számára milyen szövegek megtanulása fontos. Mivel az egyéni jellegzetességek a tanulási folyamatban nem kapnak szerepet, a csoportok létszáma nem központi kérdés. A vallásos ismeretek átadása elsősorban a nagyobb vallási központok köré szerveződött kolostoriskolákban folyt. A világi nevelés a királyi vagy nemesi udvarokban zajlott, ahol elsősorban a fegyverforgatás és a hadviselés tudományának elsajátítása volt a cél.

Tanulásszervezési módok

A tanulási folyamatban alapvető szerepet játszik már kialakult tudásrendszerek, dogmák pontos elsajátítása. Kiemelt szerepe van ebben a tekintélynek, amely a tanulási

folyamatban a tanító személyéhez kapcsolódik. A tanulás szervezését a tanítóra való zavartalan odafigyelés irányította, mert ez felel meg leginkább a rendszer filozófiájának, mai szóhasználatlaltal frontálisnak hívnánk ezt a szervezési módot. Nagyobb iskolákban a tanító szerepét az idősebb diákok veszik át, az ő tekintélyük a rendszerben szintén alapvetően fontos szerepet játszik.

Az oktatás eszközei, tanulási környezet eszközi elemei

Az ókorban és a középkor egy részében, amikor az írott szövegek kevésbé voltak hozzáférhetőek, a tanító szóbeli előadása, magyarázata játszott kiemelt szerepet. Amikor a technikai fejlődés lehetővé tette a könyvek elterjedését, a legfőbb tanítási eszközzé a könyv vált. A tanulás során más eszközre nem volt szükség, a diákok az írás során is leggyakrabban a régi szövegek másolásával foglalkoztak.

Módszerek

A kor legfontosabb módszerét mai szóhasználatlaltal memoriternek nevezhetnénk. A szövegek pontos elsajátítása a mai pedagógiai rendszerekben is fontos szerepet játszik, de csak, mint egy összetettebb módszerreptetőár egyik eleme.

A tanulást elsősorban deduktív folyamatok jellemezték. A tanulási folyamatok kiindulópontjai egyes eszmerendszerek, kánonok, elméletek rögzített tételei, amelyeket legtöbbször nem lehetett vitatni, elemezni. A tanulás során nincs szerepe a résztvevők egyéni gondolatainak, ötleteinek. A tanulók kreativitása gyakran inkább hátráltatja a tanulást, mint segíti azt.

A tervezés folyamata

A tanulási folyamat tervezésekor kizárólag a megtanítani kívánt tartalmat veszik figyelembe. Nincs szerepe benne az egyéni érdeklődésnek, a diákok csak az előre eltervezett ismereteket tanulhatják.

5.1.2. A szemléltetés pedagógiája

Stratégia

A szemléltetés pedagógiája forradalmasította a korábbi gyermekképet, és ráirányította a figyelmet arra, hogy a gyermek önálló szükségletekkel, személyiséggel rendelkező lény, s a személyiségének kibontakoztatása nem történhet egyéni odafigyelés nélkül.

Az empirizmus talaján álló pedagógiai rendszerben az érzékelés játszik kiemelt szerepet. A pedagógiai abból indul ki, hogy az objektív valóság tárgyai, jelenségei az egyén által megfigyelhetők, érzékelhetők. Kiemelt cél az érzékszervek, az érzékelés fejlesztése a minél pontosabb működés érdekében. Ennek érdekében a szemléltetés sokkal inkább központi kérdés, mint ahogyan az mai pedagógiai gyakorlatunkban megjelenik. A *Comenius* nevével fémjelzett eszmerendszerben a szemléltetés nem pusztán egy módszer, hanem sokkal inkább a tanítás filozófiája, mindent meghatározó alapja. A korábbi felfogással szemben a tanulás tárgyát a valóságos világ jelenti, mindent, ami a tanulás tárgyát képezi érzékelni kell. Látni, tapintani, ízlelni, hallani, szagolni. Mindenkinnek a valóság olyan szeleteit kell megismernie, amelyekre életvezetése érdekében szüksége lesz.

A tanulás szervezeti keretei és formái

Kialakul az oktatás ma is jellemző szervezeti kerete, az osztály, és szervezeti formája a tanítási óra.

Tanulásszervezési módok

A munka legtöbbször frontálisan, a tanítási órákon folyik, ahol a tanulókat ösztönzik az önálló értelmezésre. A tanulócsoportokat/osztályokat olyan tanulási tartalommal látják el, amelyre a társadalmi munkamegosztásban feltételezhetően szükségük lesz.

Az oktatás eszközei tanulási környezet

Az oktatás eszközei között továbbra is fontos a könyv, de új elemként a képek, különböző tárgyak, modellek, kísérleti eszközök játszanak fontos szerepet. Mindennek lehet szerepe a tanításban, ami segít jobban bemutatni a közvetíteni kívánt ismereteket.

Legfontosabb új módszerek

E pedagógiai rendszer legjellemzőbb eleme a szemléltetés. Mivel ebben a gondolati rendszerben a tanulást a tanuló érzékelei, a látás, a tapintás, vagyis a személyes tapasztalatok támogatják leginkább, átalakul a gyermekről alkotott kép is. Ekkor kezdődik meg az a folyamat, amelynek során a gyermeket már nem kicsinyített felnőttként, hanem önálló személyiségként kezeli a pedagógia.

A tervezés folyamata

A tervezés során fontos szempontot jelentett, hogy a lehető legpontosabban történhessen meg a környezettel, az objektív valósággal való szemlélődő ismerkedés. Az egyes tanulócsoportok/osztályok számára kiválasztott tanulási tartalmakat igyekeztek a leghatékonyabban, lehetőleg több érzékszerv bevonásával megismertetni a tanulókkal.

5.1.3. Cselekvés pedagógiája - reformpedagógia

Stratégia

Ennek a pedagógiai rendszernek a kialakulása XIX. századi előzményeken alapul. A tanulás középpontjában az aktív, cselekvő gyermek áll, aki saját tevékenységein keresztül ismeri és érti meg a világot. A gyermeki tevékenységnek, a tanulói aktivitásnak ez az újfajta értelmezése ismét forradalmasította a pedagógiát. A rendszer stratégiáját az ingergazdag, cselekvésre, tevékenységre ösztönző tanulási környezet kialakítása jellemezte. Olyan környezetet kellett kialakítani, amelyben a gyerekeknek módjuk van a legkülönbözőbb cselekvési formákban részt venni, kísérletezni, rajzolni, festeni, zenélni, és így tovább. Ennek érdekében sokféle eszközzel kell felszerelni a tantermet, színes és változatot tárgyvilágot kell telepíteni az iskolákba. A tanulási folyamat középpontjába a tevékenységeket végző gyermek kerül, a pedagógusnak legfontosabb feladat a cselekvések, tevékenységek körülményeinek, tartalmának biztosítása.

A tanulás szervezeti keretei és formái

A tanulás – néhány kivételtől eltekintve – továbbra is osztályokban folyik, de az osztályok létszámát már befolyásolja, hogy mennyi a rendelkezésre álló tér és eszköz. A tanítási óra is megmarad, de gyakran meghosszabbodik annak ideje, néhány tanóra összekapcsolódik. A tevékenységek hatékonyabb lebonyolítása érdekében kialakul az epochális szervezés is.

Tanulásszervezési módok

A tanulásszervezésre jellemző, hogy az együttműködésen alapuló módszerek sokasága alakul ki a XX. században. Fontos szerepet kap a pármunka, és mivel a tevékenységek jelentős része kisebb csoportokban végezhető hatékonyan, kialakul a csoportos tanulásszervezési mód több fajtája is. Az egyes feladatokra spontán, vagy irányítottan szerveződő 3-6 fős csoportok munkája fontos eleme lesz ennek a rendszernek. Egyre

népszerűbbé válnak a projektek. Ezzel egyidejűleg, néha talán kissé túlzóan is, háttérbe szorul a frontális szervezési mód.

Az oktatás eszközei tanulási környezet

Az oktatásban ekkor terjednek el a tanulói tevékenységhez szükséges eszközrendszerek. Kialakulnak és fokozatosan egyre nagyobb teret hódítanak a természettudományos nevelésben a tanulói kísérletezés eszközei. A tantermekben megjelennek a változatos tanulói tevékenységet támogató eszközök. Festékek, ollók, különféle szerszámok, sokféle anyag, könyvek, akváriumok és terráriumok, kísérleti eszközök, egyszerűen mindaz, amivel a gyerekek különböző tevékenységeket végezhetnek.

Legfontosabb új módszerek

A megszülető módszerekben a tanulói tevékenységek dominálnak. Megszületik a tanulókísérlet, gazdag módszertani repertoárral megjelennek a különböző csoportmunkák. Fontos szerepet kap a tanításban a játék, ezzel a gyerekek mindennapi tevékenységei is bevonódhatnak a tanulás támogatásába. A tanulásban fontos szerepet kapnak a konfliktusok és kezelésük, a problémák felismerése és a különböző megoldási utak keresése, kipróbálása is. A megszülető új módszereknek közös sajátossága, hogy a tanuló tevékenységeket támogatják.

A tervezés folyamata

A tervezésben a tevékenység lesz a központi elem, a tanulási folyamat a gyerekek által végezhető cselekvések, tevékenységek, kísérletek köré szerveződik. A reformpedagógiai tervezés középpontjába tehát a gyermek sajátos igényei kerülnek, az lesz a meghatározó, amit a gyermek már képes megtenni, elvégezni. Egyes szélsőséges esetekben a pedagógus szinte teljesen a háttérbe szorul, a cselekvések céljaira, a szükséges eszközökre csak ajánlásokat tesz. A legelterjedtebb gyakorlatban azonban az ilyen szélsőséges tanári munka nem általános. A tevékenység előretörésével egyidejűleg háttérbe szorul az írott szöveg, a nyelv. Bár a tevékenységek többsége társas közegben zajlik, így nyilván nem kerülhető el az aktív nyelvhasználat, de a kialakuló módszerekben nem ez játszik főszerepet.

5.2. A konstruktivista didaktikai rendszer bemutatása

A didaktika fontos alapkérdései a miért tanítsunk és a hogyan tanítsunk. A különböző pedagógiai paradigmákhoz kapcsolódó didaktikai rendszerek ezekre az alapkérdésekre adják meg válaszaikat a különböző módszerek, eljárások és stratégiák megalkotásával. A következő ábrán bemutatom a konstruktivista didaktikai rendszer későbbi kifejtésében használt fontosabb didaktikai kategóriák hierarchiáját.

3. ábra: A konstruktivista didaktikai rendszer legfontosabb kategóriáinak hierarchiája



A továbbiakban felvázolok egy a konstruktivista pedagógiai paradigmához kapcsolódó didaktikai elképzelést.

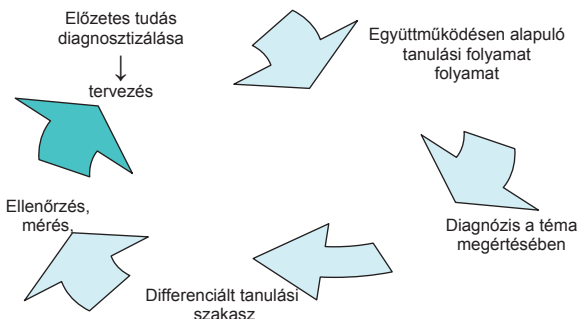
Didaktikai rendszer fogalmának meghatározásához először a stratégia fogalom értelmezésére van szükség. Ehhez az oktatási stratégiák következő definíciójából indultam ki:

A stratégia sajátos célok elérésére szolgáló módszerek, eszközök, szervezési módok és formák olyan komplex rendszere, amely koherens elméleti alapokon nyugszik. Sajátos szintaxissal (a végrehajtott lépések meghatározásával és adott sorrendjével) rendelkezik, és jellegzetes tanulási környezetben valósul meg (Falus, 2006, 274 o.).

A konstruktivista pedagógiai elképzelés alapját a gyerek előzetes tudása és a tanulás folyamatában konstruálódó tudományos elmélet közötti kapcsolat határozza meg. Ezek viszonya alapján dőlhet el, hogy mi jellemzi majd a bekövetkező tanulási folyamatot, amelynek *Nahalka István* hat lehetséges változatát írja le: a problémamentes tanulást, a teljes közömbösséget, a kizárást, a meghamisítást, a kreatív mentést, és a fogalmi váltást. (Nahalka, 2002b, 55. o.) A konstruktivista stratégiák e tanulási típusoknak megfelelően alakultak ki. A didaktikai rendszer részét képezik az előzetes tudás feltárására szolgáló eljárások, a tanulási folyamat szervezésével kapcsolatos ajánlások, a tanulás során felhasznált feladatok és azok kontextusai, a konstruktivista alapokon kialakított stratégiák összessége.

A kialakított didaktikai rendszer a tanulási folyamat egészéhez nyújt segítséget. A konstruktivista tanulási folyamatnak alapelve, hogy lehetőleg mindvégig reflektáljon a gyerekek aktuális tudására. A következő ábra segítségével képet kaphatunk arról, hogy a didaktikai rendszernek megfelelően szervezett tanulási folyamatnak milyen fontosabb szakaszai vannak:

4. ábra: A konstruktivista didaktikai rendszerben szerzetet tanulási folyamat fontosabb szakaszai



5.2.1. Stratégiák a konstruktivista didaktikában

A konstruktivista didaktika különböző tanulási helyzetekéhez rendelt stratégiák alapeleme, a tanulási folyamat létezési módja a differenciálás. Nem is lehet ez másképpen, hiszen ebben a rendszerben minden tanuló előzetes tudása egyedi, és ezekre a tudásrendszerekre alapozva zajlik a tanulási folyamat.

Stratégia a tanulással szembeni teljes közömbösség esetére

Ez a tanulási helyzet szorosan véve nem is tartozik a konstruktivista didaktika esetei közé, mert az alapvető problémát itt nem a tanuló közvetíteni kívánt elmélethez való előzetes tudása határozza meg. Az ilyen esetekben arról van szó ugyanis, hogy a tanuló (vagy tanulók egy csoportja) a tanulással kapcsolatosan *teljes közömbösség* állapotába került. A gyerekek ilyenkor valamilyen ok miatt általában fordulnak szembe az iskolával, az iskola által kialakított tanulási helyzetekkel. Ilyen esetekben el sem juthatunk odáig, hogy feltárjuk ezeknek a diákoknak a tantárggyal kapcsolatos előzetes tudásának szerkezetét. Mivel ez egy nagyon nehezen kezelhető állapot, amelyben nem kezdhető meg semmilyen konkrét „tananyag” feldolgozása, a tanulási folyamatot meg kell előznie egy feltáró-elemző szakasznak, amely a diákokat a tanulásban való részvételben érdekeltté teszi. Elemezni kell az adott tanulócsoporthoz „előéletét”, a közösség hagyományait (ha vannak ilyenek), a csoport helyzetét az iskolában, mindazt, amiről az adott szituációban úgy véljük, köze lehet a közömbösség kialakulásának¹.

Ha a jelenség nagyobb számú tanulónál is tartósan fellep, át kell tekinteni és elemezni kell az iskola működését, hiszen nehezen képzelhető el, hogy támogató légkörű, demokratikus szellemű iskolában a tanulók tömegesen elfordulnának az iskola alapcélkitűzéseitől.

Fel kell tárni, milyen a gyerekek általános érdeklődése, mivel töltik a szabadidejüket, hogy valamilyen módon áttörjük a közömbösség által formált falakat. Ha a közömbös állapotot sikerül megszüntetni, akkor a diákok előzetes tudásának állapota szerinti stratégiák valamelyikét alkalmazva kerülhet sor a tanulás megszervezésére.

5.2.1.1. A problémamentes tanulás stratégiája

Problémamentes tanulási helyzet olyankor keletkezik, amikor a tanulók már birtokolják a háttérként használt tudományos elmélet legfontosabb tételeit, s ezeket maguktól fel is használják különböző jelenségek magyarázatában és folyamatok előrejelzésekor. Mivel munkám során a szervezeti keret az osztály képezte, a problémamentes tanulás megjelenését elméletileg csak akkor mondhatnám ki, ha teljes biztonsággal megbizonyosodtam arról, hogy egy adott közösség minden tagja valóban birtokolja már az adott elméletet. Ilyen helyzet a tanulásban való előrehaladás során keletkezhet, a tanulás alapozó szakaszában azonban nem ez a jellemző. Ez a stratégia tapasztalataim szerint akkor is alkalmazható, ha egy-egy osztály jelentős hányada, különös tekintettel a közösségben véleményformáló tekintéllyel bíró tanulókra, már a tudományos elmélet szerint magyarázza a jelenségeket.

Ilyen tanulási helyzetben elsősorban a tudásterület gazdagítása folyik, feladatok és problémák megoldása zajlik. Ez a tanulási folyamat is differenciált, hiszen a diákok tanulási céljai, tudásrendszerei továbbra is különbözhetnek. Fontos feladat ilyen tanulási helyzetben a tanultak alkalmazhatósági határainak megkeresése is. Nagyon sok és változatos feladat, probléma megoldására van itt szükség, általában célszerű különböző kontextusú feladatokat választani, hiszen itt az érdeklődésen alapuló differenciálás viszonylag könnyen megvalósítható.

¹ Ennek a stratégiának a hasznosságáról akkor győződhettem meg, amikor a körzethatárok módosítása miatt az intézménybe olyan diákok kerültek akik, korábbi iskolájukba szinte alig jártak be, több alkalommal megbuktak különböző tantárgyakból, s a tanulással kapcsolatban kizárólag negatív élményeik voltak. A súlyos állapotban lévő diákok iskolával kapcsolatos attitűdje az első két hét követezt, tanulásához és iskolához való viszonyt tudatosító-formáló tevékenységei után érezhetően változni kezdett, s az intézményben töltött két-három tanév alatt semmilyen komoly magatartási probléma nem merült fel velük kapcsolatban, s mindannyian eredményesen befejezték a nyolc általánost.

V.2.1.2. Stratégiák problematikus tanulási helyzetekre

A problematikus tanulási helyzetekhez tartozó stratégiák kialakítása során tekintetbe kell vennünk, hogy milyen tanulási problémával állunk szemben. A következő stratégiák megfogalmazása során abból indultam ki, hogy milyen annak a problémának a természete, amely a tanulást akadályozza.

V.2.1.2./a. Stratégia a meghamisítás és kizárás esetére

A meghamisítás és a kizárás esete akkor fordul elő a tanítási folyamatban, amikor a tanulók értelmezési keretei olyan távol állnak a közvetíteni kívánt elmélettől, hogy az egyes jelenségek megfigyelési tapasztalataival kapcsolatos érzéketeket idegrendszerük meghamisítja, vagy egyszerűen kizárják azokat.

Ennek egyik jele az, hogy a gyerekek esetenként néhány adatot, információt tanári közlést egyszerűen „elengednek a fülük mellett”, számukra ezek olyanok, mintha el sem hangzottak volna. Ilyen esetekben nem használ az adott jelenség ismételt megfigyelése, a kísérlet megismétlése és az sem, ha elmondjuk, hogy mit kellett volna látnia, hallania a gyerekeknek. Alaposan elemezni kell a választott kísérletet, jelenséget ebből a szempontból, mert gyakran az áll a kizárás és a meghamisítás hátterében, hogy több olyan tudásterület is megjelenik az adott probléma megoldása során, amelynek állapota nagymértékben különbözik a kialakítani kívánt elméletrendszerétől². Esetenként könnyíthet a helyzeten az is, hogy egy másik, talán kevésbé kritikus jelenség elemzésével, megfigyelésével foglalkozunk a munka során.

Azonban az ilyen helyzeteknél alapvetően arról van szó, hogy a gyerekek értelmezési keretei nagyon távol állnak a közvetíteni kívánt elmélettől, tehát alapvetően a konceptuális váltás stratégiájának az alkalmazásához kell majd eljutnunk. A tanulás során azonban a gyerekek olyan helyzetbe kerültek, hogy csak nagyon nehezen lehet elkezdni meglévő értelmezési kereteik átalakítását. Ebben a helyzetben mindenképpen fontos, hogy felhívjuk a tanulók figyelmét arra, hogy hogyan működik az elme, ha olyasmit észlel, ami nagyon nem fér össze előzetes elvárásaival. Fontos, hogy a gyerekek megértsék, néha saját észleléseinket is kritika alá kell vonni, megpróbálva elemezni az adott észlelés mögötti okokat. Mivel itt nagyon fontos, de egyben nehezen érthető meta-tudásról van szó, ez csak akkor épül be a gyerekek ismeretei közé, ha a megfelelő szituációban találkoznak vele. Ilyen helyzetek az osztályok életében számtalanszor adódnak, igaz nem feltétlenül fizikatanulási helyzetekben. Gyakran előforduló eset például az, amikor valamilyen a gyerekek számára fontos esemény szervezése zajlik. A különböző álláspontot képviselő gyerekek a közös döntés meghozatala után is gyakran úgy emlékeznek, hogy az ő javaslatukat fogadta el az osztály, és ennek megfelelően kezdenek el dolgozni a közös program megvalósításán. Ilyenkor gyakori a gyerekek között a viszály, hiszen a másik fél számára ez a helyzet nem állt elő. A tanulás szempontjából is hatékony lehet ekkor

² Saját gyakorlatomban is többször tapasztaltam ezt a jelenséget. Amikor arra kértem a gyerekeket, hogy jósolják meg, két egyforma térfogatú acél és üveggolyó hogyan fog földet érni, ha egyforma magasságból ejtjük le őket, akkor a gyerekek nagyobb része azt várta, hogy az acélgolyó érkezik le hamarabb, kisebb része az üveggolyó érkezését várta előbbre, egy tanuló pedig a tudományos magyarázatnak megfelelően az egyidejű érkezés mellett tette le a voksát. A többször megismételt kísérlet során mindenki az saját előzetes elképzelésének megfelelően látta a kísérletet. Amikor arra került a sor, hogy döntsek el, hány koppanást hallanak, ha nem a szemükre, hanem a fülükre hagyatkoznak a megfigyelés során, egy kivétellel minden gyerek két koppanást hallott akkor is, amikor csak egyetlen golyó esett le a magasból. Az egy kivétel természetesen az a gyerek volt, aki a kísérlet elején is az egyidejű földet érés mellett voksolt. A gyerekek döbbenetét látva, amikor észrevettem, hogy az egyik golyó nem is esett le, egyrészt meggyőződhattunk arról, hogy ők valóban két koppanást hallottak. Ezt a helyzetet kihasználva el lehetett nekik mondani, hogy mire is képes az idegrendszer, ha valamilyen nagyon hisz.

tisztázni a gyerekekkel, hogy mi is történhetett valójában. Gyakran nem rossz szándékról, a közös döntés figyelmen kívül hagyásáról van szó, hanem egyszerűen arról, hogy a javaslatokat tévők mindegyike annyira szerette volna saját ötleteit megvalósítani, hogy nem a valóságnak megfelelően észlelte a közös döntés kimenetelét. Amikor aztán a fizika órákon is találkozunk ezzel az állapottal, már elegendő csak utalni a korábbi helyzetre, s a gyerekek érteni fogják mi is történt velük. Érdemes a gyerekeknek bemutatni az érzékszervek megtéveszthetőségét is. Az érdekes, csalóka ábrák elemzésével is szerezhetnek olyan tapasztalatokat a diákok, amelyek alapján talán kritikusabbak lesznek majd saját érzékleteikkel szemben. A vélt tapasztalat ellenőrzése méréssel, a szembesülés a valósággal sok diákban formálja a kritikus, elemző gondolkodás alapjait.

Az ilyen tanulási szituáció fontos mozzanata, a diákok segítése abban, abban, hogy saját magyarázó elméleteiket megfogalmazzák, felszínre hozzák. Ez nagyon nehéz feladat, mert itt legtöbbször olyan tudáselemek megfogalmazására kérjük a gyerekeket, amelyeknek nyelvi megformálásához szükséges eszköztáruk korlátozott. Ilyenkor azzal segíthetjük őket, hogy olyan nyelvi- megfogalmazásbeli alternatívákat kínálunk fel nekik, amelyek közül kiválaszthatják a hozzájuk legközelebb állót. Ilyen esetekben mindig törekedni kell arra, hogy a gyerekek ne döntsenek az első alternatíva megismerés után, hanem csak az összes lehetőség áttekintése után válasszanak. Ez után már lehetőség van arra, hogy a gyermeki elképzelés ellentmondásaira felhívjuk a figyelmet, és ezzel megnyissuk az utat az új elmélet megkonstruálása előtt.

V.2.1.2/b. Stratégia a „magolás”, értelmetlen tanulás esetére

A problematikus tanulási helyzetek egyik tipikusnak mondható változata a *magolás*. Ilyenkor a tanulók megpróbálják megtanulni a tantárgyhoz kapcsolódó szövegeket, de annak értelmezésére nem képesek és látszólag nem is törekszenek. A magolás mögött leggyakrabban az áll, hogy a gyermek gondolkodása olyan távol áll a közvetíteni kívánt tudás tartalmától, hogy a tanuló nem tud belekapaszkodni a tananyag egyetlen részletébe sem. Ha egy ilyen állapot a követelményeknek való feltétlen megfelelés készítésével párosul, máris létrejön a magolás. Alapvetően itt is arról van szó, hogy a gyerekek értelmezési keretei nagyon távol állnak az új elmélettől, és a két elmélet közötti ellentmondások leküzdésére a gyerekek nem képesek. Ezek a gyerekek azért választják a magolást, mert tudásuk aktuális állapota alapján ez a számukra aktuálisan elérhető egyetlen megoldás. Az ilyen tanuláshoz szokott gyerekek csak nehezen tántoríthatók el ettől a számukra biztosnak látszó fogódzótól, ezért a hangsúlyt arra kell fordítani, hogy a megtanult szöveg a megértéssel tartalmat nyerjen. A cél most is a konceptuális váltás feltételeinek a megteremtése, tehát olyan helyzetbe kell hoznunk a diákokat, hogy képesek legyenek annak megtételére.

Ha ezzel a tanulási típussal egy osztályban nagyobb számban is találkozunk, hasznos lehet foglalkozni azzal, hogyan gondolkodik az osztály magáról a tanulásról, mert sokszor a tanulásról alkotott kép torzulása is hozzájárulhat ennek a tanulási típusnak a kialakulásához. Érdemes olyan tanulási helyzeteket teremteni, ahol nincsenek megtanulható szövegek. Olyan tanulási élményeket kell adni a diákoknak, amelyekből világossá válik számukra, hogy a tanulás nem feltétlenül mások szövegeinek szó szerinti elsajátítását jelenti. Ilyen feladatok például amikor egy-egy probléma megoldására saját ötleteiket, kreativitásukat kell mozgósítani, vagy amikor egy közös álláspont kialakítására kérjük őket egy kérdéssel kapcsolatban.

A gyerekek egy részénél ennek a tanulási formának a kialakulásánál a családi szokásrendszerek is közrejátszhatnak. Előfordulhat például az, hogy a jó jegyeket zsebpénzzel jutalmazták (vagy éppen annak megvonásával büntetik a rosszakat). Ez a

helyzet nem kedvez a megértésre való törekvésnek, de a problémára nem egyszerű a megoldás, hiszen egy család nevelési elképzeléseibe kell/kellene beavatkoznunk. Mindenesetre ilyen helyzetben fontos lehet a szülőkkel és a gyerekkel való közös beszélgetés és egy mindenki által elfogadhatónak tartott kompromisszum kialakítása. A háttérben állhat az is hogy a családban vagy esetleg korábban az osztályban is, a szövegek pontos visszamondása volt az érték, és a gyerekek ezt transzferálták más tanulási helyzetekre.

V.2.1.2/c. Stratégia a kreatív mentéses tanulási helyzetekre

A problematikus tanulási helyzetek között különösen izgalmas helyet foglal el a *kreatív mentés*. Ilyen esetben a tanuló annyira ragaszkodik korábbi, jól bevált értelmezési kereteihez, hogy valamilyen egyéni elmélettel megpróbálja benne értelmezhetővé tenni az új, a saját elképzeléseinek ellentmondó ismereteket. Az ilyen tanulási helyzetre az a jellemző, hogy a diák már észlelte, hogy az adott probléma a korábbi értelmezési keretek között nem tisztázható ellentmondásmentesen, ezért kitalál valami egyéni megoldást az ellentmondás feloldására. Ami még fontos, hogy erről az elképzelésről szóban, vagy rajzban információt is tud adni. Szinte kivétel nélkül ilyen, kreatív mentéssel kapcsolatos tanulási helyzetből származnak a megkettőzések. Saját vizsgálataim során is számtalan esetben találkoztam ilyen helyzettel, ilyen esetek leírásával a későbbiek során az anyagszerkezet és az elektromosság témakör leírásában találkozhatunk. Természetesen itt is a konceptuális váltáshoz kell eljuttatnunk a diákot.

Ilyen helyzet kialakulása során érdemes a tanításban tovább építeni a kreatív mentéssel kialakított új elméletet, bemutatni annak triviálisan lehetetlen következményeit. Mivel a kreatív mentéssel létrejövő világmagyarázatok legtöbbször valamilyen tudománytörténetből már ismert fogalmi fejlődési stációval rokoníthatók, célravezető lehet ennek azonosítása a tanórán. Ha egy gyerek elméletéről egyszerűen kiderül, hogy nem elég jó, mert abból könnyen ellentmondásra lehet jutni, nagy valószínűséggel elkedvetleníti, és ezzel elveszhet a tanulási motiváció. Ha viszont a komoly szellemi erőfeszítéssel felépített gondolati modelltől derül ki, hogy például „a tudomány is így gondolkodott a világról a XVIII. század végéig”, akkor már kicsit másképp szól a modell értékelése. A szellemi teljesítmény értéke megmarad, de a gyerek már presztízsvesztés nélkül el tudja fogadni, hogy vannak olyan jelenségek, amelyek az általa konstruált leírással nem magyarázhatók. A tanuló az esetek többségében hajlandó további konstrukciók létrehozására, és gyakran intellektuális kalandnak tekinti az elmélet kereteinek megalkotását.

5.2.1.3. A fogalmi váltások stratégiája

A konstruktivista stratégiák között kiemelt szerepet játszik a fogalmi váltások stratégiája. A problémamentes tanulási helyzettől eltekintve, minden más tanulási szituáció végezetül ebbe torkollik bele. A végső cél minden esetben az, hogy a gyerekek meglévő értelmezési keretei mellett, azokkal gyakran ellentmondásban megjelenjék egy új, alternatív értelmezés, elmélet, s az így megkonstruált új elméletet a megfelelő helyzetekben képesek legyenek használni jelenségek magyarázatára, folyamatok előrejelzésére is.

A fogalmi váltásokhoz kapcsolódó stratégia több elemből is áll. El kell érni, hogy a tanulók megfogalmazzák azokat az elképzeléseket, amelyek alapján a jelenségeket magyarázzák, vagy az eseményeket előrejelzik. Ez gyakran nagyon nehéz, mert nem ritkán olyan gondolatok megfogalmazására kérjük őket, amelyeket korábban még meg sem próbáltak szavakba önteni. Mint azt már korábban is megfogalmaztam, ha ilyen helyzetbe

kerülünk, arra kell törekedni, hogy a lehetséges alternatívákat egyidejűleg jelenítsük meg, felkínálva ezzel a tényleges választás lehetőségét. A tanulási folyamatban olyan helyzetet kell teremteni, amelyben a régi magyarázó elmélet használatával nem tudjuk a jelenségeket a valóságos folyamatoknak megfelelően előre jelezni. Ilyen szituációban érdemes bemutatni a gyerekeknek a jelenséget magyarázó másik elméletet. Az is fontos szempont, hogy a választott feladat megoldásában a diákok érdekeltek legyenek. Ezért olyan feladatokat, problémákat érdemes a tanulási folyamat középpontjába állítani, amelyek a gyerekek mindennapi éltéből valók, érdekesek, és amelyek megoldása során a régebbi elmélet csak nehézkesen, vagy egyáltalán nem működik. Ahhoz, hogy a bemutatott új elmélet helyet kapjon a gyerekek magyarázó elméletei között, érvényességét további problémák megoldására való használata során kell bizonyítani.

Fogalmi váltás elméletté szerveződött tudásterület leváltására

A fogalmi váltások előkészítése során gyakran találkozunk azzal a helyzettel is, hogy egy leváltani kívánt elmélet már explicit formában is megjelenik a tanulók gondolkodásában és kommunikációjában. Ez mindig arra figyelmeztet, hogy az adott területen már komoly magyarázó elmélettel erősödött a tanulók értelmezési rendszere, így annak lecserélését, pontosabban alternatívák megtanulását számukra semmi nem indokolja. Ebben az esetben a tanulási folyamat elején arra kell koncentrálni, hogy a kialakult elmélet magyarázó erejébe vetett bizalmat megingassuk. Vagyis érdemes olyan problémákat választani elemzésre, amelyekkel kapcsolatban felszínre kerülnek a „leváltani kívánt” elmélet gyengéi. Fel kell készülni arra, hogy ez nagyon nehéz folyamat lesz, ilyenkor nem ritkán találkozhatunk meghamisítással, vagy az egyes tények, adatok, információk kizárásával. Érdemes olyan módszereket választani, amelyek nem engedik meg a tények egy részének „elejtését”. Hasznos lehet például ilyenkor a különböző információkat, adatokat, tényeket, stb. külön kártyára jegyezni, és az így elkészített kártyákkal folytatni a munkát, ezzel is segítve, hogy minden tény, adat „versenyben maradjon” a probléma megoldása során.

A tanulási folyamatnak ez a szakasza a tanulóknak keletkezett elméletek mélységétől függően gyakran nagyon hosszúra is nyúlhat. Előfordul, hogy egy téma tanulására szánt időben nem is sikerül megingatnunk a gyerekeket korábbi elképzeléseikben. Ha úgy gondoljuk, hogy ilyen helyzetbe kerülünk, érdemes párhuzamosan használni a jelenségmagyarázatokban a „leváltani kívánt” és a „helyébe felkínált” elméletet. Ha ezt az utat választjuk, gyakran találkozhatunk azzal a jelenséggel, hogy a gyerekek két elmélet közül mindig azt használják, amely az adott szituációt egyszerűbben magyarázza. A gyerekek számára nem természetes, hogy egy magyarázó elmélettel szemben kíváncsiak az, hogy minden jelenséget egyaránt annak segítségével magyarázhassunk, figyelembe véve az elmélet által kijelölt érvényességi korlátokat. Itt a gyerek számára ismét egy olyan tanulás módszertani tudáselemlről van szó, ami a tanárnak természetes, a diáknak viszont egyáltalán nem. Ilyen helyzetben tisztázni kell, hogy mi az elvárásunk a magyarázatokkal kapcsolatosan. Fontos, hogy a gyerekek magyarázatai ilyen helyzetben nem minősülnek „rossznak” vagy a másik magyarázat sem „jónak”, csupán más elméletek, másfajta magyarázatok, amelyeknek igenis lehet határozott adaptivitása az élet, s ezen belül akár még a tudományos gondolkodás területén is. Ilyen helyzetekben kezdetben érdemes a frontális megbeszélés módszerét választani, hogy néhány példán keresztül bemutassuk a gyerekeknek hogyan működnek a párhuzamos magyarázatok. Ez után érdemes a csoportos munkaformára váltani, ahol a gyerekek már maguk alkotják meg a magyarázatokat. A tanár a csoportmunkát figyelve fontos információkat szerezhet arról, hogyan használják a gyerekek egyik vagy másik magyarázó modellt. A csoportok kialakításának szempontjait mindig az adott osztály aktuális állapothoz kell alakítani.

Fogalmi váltás alternatív magyarázatok működése esetén

A fogalmi váltást eredményező eljárások közül az előbbinél valamivel könnyebb, bár nem kevésbé izgalmas utat járunk végig akkor, ha olyan tanulási szituációval találkozunk, amikor a gyerekek az adott témával kapcsolatban többféle elképzelést birtokolnak, és ezek között már megjelenik az új elmélet is. Ilyenkor a gyerekek egy részénél már végbement a fogalmi váltás, vagy olyan helyzet állt elő, hogy az új elmélet már bekerült a világmagyarázó rivális elméletek közé. Az ilyen helyzetekben többféle út is célra vezethető lehet.

Ha úgy ítéljük meg, hogy a gyerekek „kritikus tömege” már birtokolja az új elméletet, érdemes a munkát csoportokban megoldható feladattal kezdeni. Ilyenkor a feladaton dolgozó gyerekeknek lehetőségük van arra, hogy mindenki megfogalmazza saját magyarázó elméletét, s a munka végére haladás érhető el az új elmélet térhódítása szempontjából. A tanár számára ez a megoldási út azért nagyon hasznos, mert a csoportokban formálódó beszélgetéseket figyelve a tanulói elképzelések alakulásának olyan rétegeit ismerheti meg, amelyeket más úton nem tud felszínre hozni. Ezek az információk hozzájárulhatnak a további munka sikeréhez.

Ha megítélésünk szerint még csak kevesen birtokolják az osztályból az új elméletet, vagy úgy látjuk, hogy a kérdéseinkre e szerint válaszolók számára az új elmélet még nem eléggé bizonyító erejű (sok javítás látható a diagnosztikus feladatokon, de végül a „jó” megoldás jelenik meg), akkor célra vezethető lehet, ha a tisztázó beszélgetésre frontális módon kerül sor. Ilyenkor direktebb tanári vezetéssel, de a gyerekek által megfogalmazott alternatívákat elfogadva és azokra mindvégig elfogadóan reflektálva érdemes a tanulási folyamatot elkezdeni. Ügyelni kell arra, hogy a gyerekek válaszait ne minősítsük „jónak” vagy „rossznak”. Minden válasz esetében kérdezzünk rá arra, hogy miért gondolja úgy a tanuló. Eközben hívjuk fel a többiek figyelmét, hogy minden érvelésből, magyarázatból az osztály összes tagja tanulhat, hiszen ilyenkor gyakran olyan belső képeket fogalmaz meg egy-egy diák, amelyeket többen birtokolnak ugyan, de nem mindenki képes a nyelvi megformálásra, vagy más módon való megjelenítésre.

Természetesen adódhatnak a tanulási folyamatban olyan helyzetek, amelyekben nem tudjuk eldönteni, hogy az első vagy a második helyzettel állunk inkább szemben. Ilyenkor a tanár tapasztalata az, aminek alapján a feldolgozási stratégia megszületik, és az előbbi szélső esethez tartozó stratégiai utak kombinációi is alkalmazhatók. A gyakorlatban nyilván születhetnek más célra vezető stratégiák is.

5. 2. 2. A tanulás szervezeti keretei és formái

Mivel az oktatás szervezeti keretei és formái a hazai közoktatásban az iskolák döntő többségében alapvetően nem módosultak, ezért ha a konstruktivista pedagógia didaktikai következményeit akarjuk elemezni, összehasonlításunkban elsősorban a célokra, a tanulás-tanítási folyamatára, a szervezési módokra és módszerekre kell koncentrálnunk, s talán kevésbé a tanulás szervezeti kereteire és formáira. A konstruktivista didaktika alkalmazására a hagyományos szervezeti keretek és formák között is sor kerülhet. Figyelembe kell vennünk azonban, hogy a fogalmi váltások bekövetkezésének gyermekeként nagyon eltérő időigénye miatt a konstruktivista szemlélet szerint szervezett tanulás kívánatos szervezeti kereteit nem a tanórák által szigorú időkorlátok közé szorított tevékenységnek kellene meghatározni. Kétségtelenül hatékonyabb a hagyományos

órakeretben végzett munka helyett az epochális szervezés, hiszen így jobban gazdálkodhatunk az idővel, a tanulási folyamat hatékonyabb lehet.

A mai iskolával szemben támasztott kihívások között nagy szerepet játszik az élethosszig tartó tanulásra való felkészítés. E mellett, több olyan feladatot is ellát, amely korábban kisebb hangsúllyal szerepelt feladatai között. A lemaradók felzárkóztatása, a tehetségek gondozása, a hátrányos helyzet kezelése, számos szocializációs feladat is mindennapi feladatai közé tartozik. Ezek az utóbbi 15-20 évben sűrűsödő feladatok egyre inkább arra irányítják a figyelmet, hogy a hagyományos szervezeti keretek és formák mellett a tanórán kívüli tanulási helyzetekre is koncentráljon az iskola. A célok elérése érdekében az iskolának támogatni kell az egyéni tanulási helyzeteket. Ennek hagyományos kereteit a napközi- illetve a tanulószobai foglalkozások biztosítják. Itt a diákok segítséget kaphatnak a házi feladatok és az egyéni feladataik megoldáshoz. Ezek mellett a tradicionálisnak mondható szervezeti keretek mellett hatékony lehet az iskolai könyvtár és a számítógépterem bevonása a tanórán kívüli tanulásba. Ezeknek a lehetőségeknek a hatékony kihasználását a tanórai keretektől távolodó szervezeti keretek segítik. Ilyenek például a *projekt* és a *mestermunka*.

A *projekt*, noha kétségtelenül nem minden esetben bontja meg a tanulás hagyományos szervezeti kereteit, igényli, hogy az egyes feladatokra szerveződő projektcsoportok között a hagyományosnál szorosabb együttműködés alakuljon ki. Ezek a csoportok időlegesen átvethetik az osztály funkcióját, mert tagjaik számára sajátos idő és térszervezés válhat szükségessé. A hatékonyan megtervezett projektmunka nemcsak a hagyományos tanítási időben zajlik, a feladatok megoldása, adatgyűjtés, elemzés, kutatómunka gyakran a délutáni sávba tevődik át (Hortobágyi, 2002; Turcsányiné Szabó, 2005).

A *mestermunka* olyan módszer, amelynek megvalósítása szintén hatással lehet a tanulás hagyományos szervezeti kereteire és formáira. Ennek a lényege, hogy a gyerekek egyénileg, vagy kisebb csoportokban egy maguk által választott, vagy a tanár által ajánlott téma feldolgozásával foglalkoznak. A feladat megoldására viszonylag hosszú idő (gyakran egy egész tanév) áll a gyerekek rendelkezésére. Ez idő alatt önállóan végeznek kutatásokat, gyűjtenek adatokat, elemeznek folyamatokat, s a munka eredményeként elkészített tanulmánnyal megjelennek az egész iskola előtt. A mestermunka témája kapcsolódhat a tananyaghoz, de bármilyen az iskolai tartalmaktól látszólag távol álló téma is feldolgozható. Az ilyen tanulási folyamat természeténél fogva nem igényli a hagyományos szervezeti kereteket, viszont hatékonyan támogathatja az élethosszig tartó tanulásra való felkészítést. Mindkét példaként ismertetett lehetőség azt jelzi, hogy noha az iskola hagyományos szervezeti keretei még működőképesek, az új kihívásokra válaszul megjelenő módszerek másfajta szervezeti keretek megjelenését is igénylik.

5.2. 3. A tanulásszervezési módok

A tanulásszervezési módok tekintetében a konstruktivista rendszerben minden korábban használt szervezési mód megjelenik. Igaz viszont, hogy a konstruktivista szemléletmód átstrukturálja azokat az elveket, amelyek alapján e módok közül a tanulási folyamat különböző szakaszaiban választunk. A választásban meghatározó a gyerekek előzetes tudásának rendszere, beleértve az új elmélethez kapcsolódó értelmezési kereteket. Legalább ilyen fontos szerepet játszanak a szervezési módok kiválasztásában a tanulócsoporthoz „módszertani tudása”, és a közösség belső viszonyai is. A tanulócsoporthoz tartozó módszertani tudása a gyerekek korábbi tapasztalatai alapján jött létre. Ide tartoznak azok a módszerek, amelyeket korábban már használtak, amelynek fortélyait a gyakorlatban elsajátították. A gyerekek módszertani tudásának része a közösen használt módszerekhez kialakított szokások rendszere, az együttműködés szabályainak ismerete. Fontos tudáselem

lehet a munka elosztása és a munkafolyamat megszervezésének fogásai. Az eredményes munka szempontjából fontos a társak erősségeinek és gyengeségeinek ismerete is. A jelenségek magyarázatához szükséges hasonlatok értelmezése szempontjából fontosak lehetnek mindazok a közös tapasztalatok, élmények, amelyeket az osztály, mint közösség élt meg. Ezek képezik azokat az alapokat, amelyek gyakorta az egyes elméletek megértéséhez szükséges konstrukciók nyugszanak.

A konstruktivista gyakorlatban egyaránt használjuk az egyéni, a páros, a csoport és a frontális tanulás-szervezési módot. Az együttműködésen alapuló szervezési módok több szempontból is fontos szerepet játszanak a konstruktivista tanulási folyamatban. Fontosak egyrészt azért, mert a párhuzamos interakciók elvét kihasználva több gyereknek van lehetősége megfogalmazni saját elképzeléseit, megoldási javaslatait, mint a frontális szervezés során. Ez lehetőséget ad a társakkal való megbeszélésre, tisztázó vitákra, kreatív megoldásokra ösztönöz, a tanár pedig folyamatosan visszajelzéseket kap arról, hogyan alakul a gyerekek tudása az adott kérdéssel kapcsolatban. Az csoportmunka szervezése azért is hatékony, mert jó lehetőséget ad a tanulási folyamat differenciált megszervezéséhez, amely a konstruktivista gyakorlat számára alapkérdés.

Az egyéni szervezési mód a leghatékonyabbnak akkor bizonyult, amikor egy-egy téma feldolgozása során a megértést ellenőrző diagnózis utáni szakaszban dolgoztunk. Ekkor a téma megértését vizsgáló diagnosztikus mérés alapján célzottan oldottak meg egyéni feladatokat a gyerekek. Akkor is ilyen szervezési módot használtam, amikor valaki hosszabb hiányzás után tért vissza az osztályba. Gyakran adódott olyan helyzet, amikor a gyerekek egy része egyéni munkát végzett, míg néhányan vagy többen csoportban dolgoztak.

A konstruktivista gyakorlat fontos eleme a frontális szervezési mód. Használtam diagnosztikus beszélgetés szervezésére, vagy a tanulási folyamatban olyankor, amikor a tanulás során megértett a helyzet a tanári magyarázatra.

A munka során alapelvé vált, hogy a kiválasztott módszer célját, előnyeit, vagyis azt, hogy miért döntöttem egyik vagy másik módszer használatára mellett, megosztottam a tanulókkal. Azt tapasztaltam ugyanis, hogy ha ilyen módon is bevonom a gyerekeket saját tanulási folyamataikba, akkor általában sokkal motiváltabbak, és sikeresebben vesznek részt a különböző feladatok megoldásában.

5.2.4. Az oktatás eszközei – a tanulási környezet és szervezési módok

A hagyományos didaktikában megjelenő oktatási eszközök kategóriáját, több más hagyományosnak mondható kategóriával együtt, a formálódó új rendszerben a tanulási környezet fogalma veszi át. Ez egy nagyon tág kategória, beletartoznak például a módszerek is, de ennél is lényegesen tágabban értelmezhető. Ide tartoznak a gyermek tanulásához biztosított eszközök: a kísérleti eszközök, a könyvtár és médiatár, a számítógépes programok és videofilmek, az Internet. Részének tekinthetjük a tanulás téri és idői viszonyait, a tanulási folyamat tervét, annak felépítését, a munkaszervezés körülményeit, valamint a tanulási folyamat résztvevőinek mindenfajta kapcsolatrendszerét. Fontos részét alkotják a diákok előzetes ismeretei, valamint azok a befoglaló életrendszerek, amelyekbe az új ismeret épül majd be. A tanulási környezet részeként értelmezhetők az alkalmazott módszerek, szervezeti keretek és formák, a szervezési módok, a gyerekek és szüleik tanulás-sal kapcsolatos elvárásai, a didaktikai rendszerek és az alkalmazott didaktikai paradigmák is. A sikeres tanulás érdekében a gyermekek tanulását támogató rendszernek elméleti szempontból minél egységesebbnek kell lennie.

A tanulási környezet fogalma még a témával foglalkozó kutatásokon belül is nagy változatosságot mutat. A fogalom, annak értelmezése az 1970-es évek óta került a figyelem

középpontjába. A különböző kérdőíves vizsgálatok célja, hogy a tanulási környezet mérhető elemei és a tanulás eredményessége közötti összefüggéseket felszínre hozzák. A tanulási környezet és a tanulás eredményessége közötti összefüggéseket több szempontból is elemzik. *Fraiser* egy összefoglaló tanulmányában azt elemzi, hogy több kutatás eredményei is azt mutatják, hogy az ingergazdag, változatos tanulási környezet pozitív hatással van a tanulók tanulmányi eredményeire (Fraiser, 2007).

John Bransford és munkatársai kifejtik, hogy a pedagógia kutatások alapján nem adható egyértelmű recept a hatékony tanulási környezet kialakítására, de azt minden eredmény alátámasztja, hogy a tanulási környezet középpontjában a tanulónak kell állnia, a felépíteni kívánt tudásra kell koncentrálnia, a cél érdekében kiemelten kell kezelni a fejlesztő értékelést, és a közösség hatását kiemelten kell kezelni a tanulási folyamat tervezése során (Bransford és mts., 2003).

Mint az fentiekből is érezhető, a tanulási környezet fogalma „maga alá gyűri” a hagyományos értelemben vett módszertant, hiszen a módszer megválasztását meghatározza a tanulást ténylegesen végző gyerek, a maga gyakran meglepő, egyéni utakon zajló konstrukciós folyamataival. Ezzel egyidejűleg felértékelődik a tanár módszertani kultúrája, mert ahhoz, hogy a gyerekek tanulási folyamatait a leghatékonyabban segíthesse, a tanárnak rendkívül gazdag módszertani repertoárral és pedagógiai szakmai tudással kell rendelkeznie. Csak így lehetséges, hogy megtalálja a gyerekek eredményes tanulásának szempontjából a legcélravezetőbb utakat. Meg kell értenie, és el kell fogadnia, hogy a gyerekek gyakran teljesen eltérő módon haladnak a tanulás során. Az előbbieken túl tovább növekszik a tanár szaktárgyi tudásának jelentősége, érve ez alatt a fizikatanár esetében a fizika tárgyi tudását, de kibővítve a gyerekek lehetséges gondolkodási, konstrukciós folyamatainak, a tipikus gyermektudományi jelenségeknek az alapos ismeretével.

A konstruktivista szemléletű tanulási környezet elemei között – a korábbi rendszerektől eltérően – szerepelnek a diagnózist segítő, annak alapját képező vizsgálófeladatok, ezek elemzése, az eddig feltárt gyermektudományi elemek. Szükséges lesz kifejleszteni olyan taneszközöket, amelyeket a pedagógusok a diagnosztizálás során használhatnak, s mivel itt állandóan változó aktualizálódó és formálódó gyermeki elméletekkel találkozhatunk, fontosnak mutatkozik egy a korszerű technológia által kínált on-line portál létrehozása, ahol a kérdéssel foglalkozó pedagógusok egymás problémáinak megoldásában is együttműködhetnek.

5.2.5. Elvek a módszerek kiválasztásával és alkalmazásával kapcsolatban

A következőkben tekintsük át, hogy a konstruktivista szemléletű fizika tanítás során milyen, a módszerek alkalmazásával kapcsolatos elveket tartunk fontosnak. Annak érdekében, hogy a tanulási motiváció megmaradjon, fontos, hogy a tevékenységek, a megoldani kívánt, kiválasztott feladatok, problémák valamilyen módon kötődjenek a gyerekekhez. Ebben segít, ha már a módszerek megválasztásánál is a gyerekek adott, konkrét környezetéből indulunk ki. A gyermekek környezetéből, életéből, mindennapi tapasztalatiból való kiindulás elvét szokás a *kontextus-elvnek* is nevezni. A tanulási folyamat eredményes szervezése szempontjából fontos, hogy olyan módszereket alkalmazzunk, amelyek támogatják a tanulókat belső képeik megfogalmazásában. Mivel a gyermeki elméletek működése során a diákok gyakran kerülnek olyan helyzetbe, hogy az általuk korábban érvényesnek gondolt magyarázatokat egy tanulási folyamat végén el kell vetniük, ezért az alkalmazott módszereknek a tévedések felismerését, vállalását és az ilyen esetek kezelését is támogatniuk kell. Amint azt korábban kifejtettem, a tanulási szakaszban gyakran alkalmaztam a csoportmunka különböző változatait. Ennek sikere érdekében a

gyerekeknek képeseknek kell lenniük arra, hogy a munka során keletkező konfliktusokat kezeljék, azokat a közös munka sikerének érdekében meg is oldják. Miután a tanulási folyamat kiindulásaként gyakran szerepelnek komplex problémák, valóságos élethelyzetek, ezért az alkalmazott módszereknek támogatniuk kell döntések meghozatalát, és a felmerülő kockázatok értékelését és vállalását (Olsen, 1999).

Mivel a konstruktivista szemléletű tanulási folyamat a tanuló tudásának aktuális állapotából indul ki, ezért alapvető létezési módja a differenciálás. A kiválasztott módszereknek, azok tanulási folyamatban alkalmazott együttesének támogatnia kell a pedagógiai differenciálást.

Az oktatási módszerek leírásból kiindulva úgy gondolom, hogy a konstruktivista didaktika egyelőre nem hozott létre teljesen új módszereket. A technikai környezet fejlődésével formálódóban van egy olyan egyéni munkára alapozott módszer, amelyet minden gyerek egyéni konstrukcióinak folyamatos alakulását elősegítő, s e formálódási folyamatokra való azonnali visszajelzést lehetővé tevő tanári reflexió jelleme. A fejlesztési folyamatban egy számítógépes tanulási környezet jöhet létre, interaktív tábla, szavazógép és más technikai eszközök alkalmazásával. Az ehhez szükséges informatikai háttér azonban csak e dolgozat megírásának utolsó pillanatában állt rendelkezésemre, így e módszer részleteit még nem tudtam kidolgozni.

Azt mondhatjuk inkább, hogy a konstruktivista didaktikai paradigma a módszereket jellemző eljárásokat, fogásokat, tevékenységelemeket formálta át, más kontextusba helyezte a már korábban is ismert módszereket, először jelentéktelennek látszó, azonban éppen a paradigma megváltozását jelentő „apró” változtatásokat hajtott végre azokon. Az így kialakított módszereket a gyakorlatban nagyon gyakran és eredményesen lehet használni. A következőkben bemutatok három, sajátosan a konstruktív didaktikai paradigma működése során kialakult és hatékonyan alkalmazott eljárást.

5.2.6. Néhány hagyományos módszer konstruktivista szemléletű leírása

A diagnosztikus beszélgetés

A módszer a hagyományos „beszélgetés” nevű módszer konstruktivista „változata”. Ebben az értelemben nem új, viszont jól illusztrálhatja, hogyan kerül egy hagyományos eljárás új kontextusba, ha speciálisan, a konstruktivista pedagógia bizonyos célkitűzései irányítják az alkalmazását.

E módszer alkalmazására akkor kerül sor, amikor a gyermeki gondolkodás olyan régióiról kívánunk információkat szerezni, amelyekről korábbi adatok, korábbi elemzések nem adnak támpontokat, és a kérdés a rendelkezésünkre álló diagnosztikus feladatokkal sem vizsgálható. Alkalmaztam akkor is, amikor a különböző diagnosztikus feladatokban megadott válaszok mögött működő gyermeki elképzelések részleteire voltam kíváncsi.

A beszélgetést a tanár vezeti, szervezhető osztályszinten és kisebb csoportokban is. Jelen kutatás keretei között osztályszinten, csoportban és egyéni tanulási helyzetben is alkalmaztam. A diagnosztikus beszélgetés során mindig konkrét kérdésre kell a gyerekeknek válaszolniuk. A megfelelő, vagyis a gyermeki elképzelések diagnózisa szempontjából jól átgondolt kérdés megfogalmazása a beszélgetés sikere érdekében elengedhetetlen. A kérdést úgy kell kiválasztani, hogy a rá adandó válaszok megfogalmazása során a kívánt gyermeki elmélet elemei kerüljenek mozgósításra, ugyanakkor a kérdés megválaszolása legyen érdekes, izgalmas kihívás a gyerekek számára. Érdemes a hétköznapi életből, a kontextus elvnek megfelelően kiválasztott problémákra keresni a választ, de nagyon hatékonynak bizonyult a sci-fi témakörébe sorolható néhány

kérdés is. Szívesen foglalkoznak a gyerek különböző sportágakhoz, kedvenc játékokhoz, divatos eszközökhöz, közismert személyiségekhez kötődő problémákkal is.

A beszélgetést vezető tanárnak el kell érnie, hogy a gyerekeket ne feszélyezze az esetleges „hibás válasz” esetén tapasztalható semmilyen reakció. Ennek érdekében nemcsak azt kell elérnie, hogy az esetleges rossz osztályzattól ne tartsanak ilyenkor, de azt is, hogy egymás gondolatait, elképzeléseit megértéssel fogadják. Ez utóbbi gyakran nehéz feladatnak bizonyult, de a gyakorlatban a legtöbb esetben sikerült megoldani a problémát. Éppen e miatt a feltétel miatt is szükséges, hogy az ilyen módon szervezett tanulási folyamatban a hagyományos tanár-diák viszony átalakuljon, valamint a tanárnak nagyon jól kell ismernie minden osztály belső szerkezetét és hagyományait.

A beszélgetés során elhangzott ötleteket nem szabad kritizálni, de szabad tovább fejleszteni, szabad gyerekeknek egymás ötletéből, egymás nyelvi megformálásaiból építkezni. (Emiatt a módszer kissé hasonlatos az „ötletrohamhoz” is.) Ez azért vált fontossá a munka során, mert nem egyszer olyan elméletek, belső képek megfogalmazására kértük a gyerekeket, amelyek szabatos leírására csak a megfelelő szakkifejezések megtanulása után kerülhet sor. Ezért fontosak voltak a beszélgetésben elmondott hasonlatok, szóképek, itt kerültek előtérbe azok a közösségi tapasztalatok, amelyek egy-egy osztály közös programjai során szerzett. Nem egyszer a tanárnak kellett hasonlatokat, nyelvi-fogalmazásbeli lehetőségeket felkínálnia annak érdekében, hogy a beszélgetés tovább haladhasson. Amennyiben erre sor került, mindig arra törekedtem, hogy több olyan alternatívát kínáljak fel a gyerekeknek, amelyek mögött különböző elméletek állnak. Ügyelni kell arra, hogy a beszélgetés során ne alkalmazzam a „kérdeve kifejtés” módszerének kérdészi stratégiáját, és a tanulásnak ebben a szakaszában semmilyen módon ne jelezzem vissza azt, hogy melyik elképzeléssel, elbeszéléssel, hasonlattal értek egyet leginkább.

A beszélgetés lezárásaként, ha csak erre lehetőség volt, általában elmondtam, hogy melyik elképzelés melyik tudománytörténeti korban alakult ki, vagy esetleg melyik híres tudós nevéhez fűződött korábban. Erre az adott lehetőséget, hogy a gyermeki elképzelések legtöbbje valamelyik korábbi tudományos elmélettel rokonítható. Jelentősége pedig az volt, hogy világossá válhatott: a gyerekek nem rosszul választottak, hanem csupán úgy gondolkodtak, ahogyan azt a tudósok is tették 100, 500 vagy 1000, vagy éppen 2000 évvel ezelőtt. Ez a jelentéktelennek tűnő mozzanat azért volt fontos a teljes tanulási folyamatot tekintve, mert a rossz válasz nem kedvetlenítette el a gyerekeket, a tanulási motiváció megmaradt, sőt több esetben javult is.

Elméletalkotás

Ennek a módszernek az alkalmazására akkor került sor, amikor egy-egy téma tanulása során különböző jelenségek magyarázatát kellett megalkotniuk a gyerekeknek. Alkalmaztam frontális keretek között, de leggyakrabban csoportmunkában használtuk úgy, hogy első lépésként mindenkinek önállóan kellett megfogalmaznia saját magyarázó elképzelését. Ezek után a csoportok az egyéni magyarázatokat megtárgyalták, majd ezek ismeretében kellett közösen megalkotniuk a csoport jelenség-magyarázó elméletét. A módszert a hagyományos „frontális megbeszélés”, vagy a „csoportos megbeszélés” megnevezéssel írhatjuk le.

E módszer alkalmazásával egyidejűleg több célt is elérhetünk. Egyfelől a tanulók által alkotott egyéni magyarázatokra figyelve betekintést kaphatunk az egyéni konstrukciós folyamatok tanulási folyamatokban való változására. A közös elméletalkotás során képet kaphatunk arról, hogy az egyes csoportokon belül milyenek az aktuális erőviszonyok, szükség van-e újabb csoportalakításra, vagy a munka hatékonyan folytatható a korábban

létrejött csoportokban. Fontos, hogy a formálódó elméletekben már megjelenjen annak az elméletnek az elemei, amelynek konstrukciója a célunk, ezeknek alaposabb megértését, a felvetett problémák elemzését szolgálja ez a módszer.

Párhuzamos magyarázatok

Ezt az eljárást akkor alkalmaztam, amikor a tanulók többségében már explicit formában is megjelenik egy leváltani kívánt eszmerendszer. Első lépésként rögzíteni kell mindkét elmélet alapfeltevéseit, majd ezek ismeretében különböző jelenségeket mindkét elmélet szerint meg kell magyarázni. Először frontális keretek között szerveztem ilyen munkát, majd ez után próbálkoztam a csoportos alkalmazásával.

Az alkalmazás egyik legfontosabb tanulsága, hogy a gyerekek többsége állandóan ugrál a két elmélet állításai között, kiválasztva azt, ami számára éppen nagyobb magyarázó értékkel bír. A gyerekek többsége számára egyáltalán nem fontos követelmény, hogy magyarázó elméleteik koherensek legyenek, így nem is értik, miért baj az, hogyha „ugrálnak” két, esetenként egymást kizáró eszmerendszer között

5.2.7. A didaktikai paradigmák működési szintjeinek sajátosságai

A didaktikai paradigmák működése a gyakorlatban három egymásba fonódó, de sajátos jegyeket hordozó, elkülöníthető szinten zajlik. Ezek az egyén, az osztály/csoport és az iskola. A következőkben röviden összefoglalom azokat a jellegzetességeket, amelyek az egyes szintekhez rendelhetők.

Az egyén

A didaktikai rendszerek működésének egyéni szintjét a tanuló tudásról alkotott képe, a tanulás folyamatáról, értelméről és céljáról alkotott egyéni képzetek, az ezekhez kapcsolódó motivációk és szándékok, valamint a tanulás kivitelezéséhez kapcsolódó stratégiák, tanulási stílusok, módszerek és szokások alkotják. Ugyanezek a tényezőknek az összessége egyben a rendszer működésének kezdeti feltételeit is képezi. Ennek a bonyolult rendszernek az alapját a tanuló egyéni élethelyzete, a családi tradíciók, és a szocializáció során elsajátított minták képezik. A családi elvárások a tanulás mibenlétevel kapcsolatosan nagyon különbözőek lehetnek. Az ezredforduló környékére különösen élessé vált ez a kérdés, hiszen a szülők többsége olyan iskolai környezetben nevelkedett, amely sokkal inkább kedvezett az intellektuális követelményeket előtérbe állító, és a nem teljesítés esetén szankcionáló működésnek. Ennek megfelelően épültek fel a tanulással kapcsolatos elvárásaik, amelyeket aztán továbbadnak gyermekeiknek is. A családokban kialakult tanulási elképzelésekre ugyanaz a kettősség jellemző, mint amit a pedagógiai tanulásképpel kapcsolatban is ismerünk. Az egyik elképzelés szerint a gyerek befogadja a tudást, a másik elképzelés szerint maga konstruálja meg (Tynjälä, 1997; Boulton-Lewis, 1994). Ezek a nézetek a tudás létrejöttével kapcsolatban az egész társadalmat jellemzik, de általában csak a pedagógus szemszögéből szoktuk elemezni a helyzetet, pedig a gyerekek tanulással kapcsolatos elképzeléseinek alakulása szempontjából a szülői oldal vélekedése is meghatározó lehet. A tudás befogadó elképzelését bírók felfogásában a tanulás gyakran azonosul a szövegek megjegyzésével, amelynek során a megértés gyakran háttérbe szorul. A tanulást az azonnali visszajelzések irányítják, a kapott osztályzat vagy piros pont az irányadó, hiszen ez mutatja, hogy mennyire pontosan (vagy éppen pontatlanul) sikerült a tanulás. Az ilyen tanulásképpel rendelkező gyerekek tanulási motivációja gyakran külső

marad, s így a tanuló feltehetőleg nem, vagy csak nagy nehézségek árán, a tanulásról alkotott elképzeléseik átformálásával képesek az élethosszig tartó tanulás kihívásainak megfelelni.

A tanulást a tanuló aktív közreműködésével sajátos konstrukciók létrehozásával értelmező családi környezetben nevelkedő gyerekek számára könnyebb a konstruktivista szellemű tanulási folyamathoz való alkalmazkodás. Az tanulással kapcsolatos elképzeléseik általában nyitottabbak, könnyebben elfogadják a váratlan helyzeteket, tagabban értelmezik a tanulás fogalmát.

Az egyéni tanulási stílus azonosítása szempontjából fontos szerepet kap az iskola, hiszen az iskolázás különböző szakaszaiban bemutatott tanulási szituációk megismerésével lehetőséget ad a tanulónak egyéni sajátosságai azonosítására. Tennie kell ezt olyan helyzetben, amikor az iskola pedagógusai maguk is hasonló paradigmaváltáson mennek vagy mentek keresztül. Ez azt jelenti, hogy az iskola pedagógiai tevékenységeinek olyan új területekre is ki kellene terjednie, mint a szülők tanítása, informálása a tanulásképp változó tartalmáról.

Az osztály és a csoport

A tanulás történelmileg kialakult szervezeti kerete az *osztály*. A tanulási folyamatban az osztály tagjai nemcsak mint egyének, hanem mint az adott tanulási tapasztalattal, közös élményekkel rendelkező közösség tagjai is részt vesznek. Ebből a szempontból nagyon fontos tényező, hogy milyen az osztály, mint közösség viszonya a tanulási folyamathoz, melyek azok a tanulási szituációk, amelyeket az osztály előlétele során adaptívnak talált. Hogyan viszonyulnak a közösség tagjai egymáshoz, mennyire toleránsak egymás tévedéseivel szemben. Ebből a szempontból kiemelkedően fontos, milyen az osztályt meghatározó diákok személyisége, melyek az elfogadott értékek. Abban, hogy ez a kapcsolatrendszer hogyan alakul, hogy a közösségi értékek hogyan képződnek, az egyik meghatározó szerepet az osztályban tanító pedagógusok pedagógiai hitvallása, személyiségük, és az iskolai működésnek az a helyi szinten kialakult gyakorlata alkotja, amelynek részeként az osztály maga is megszerveződött. A tanulási folyamat oldaláról nézve, az osztály, mint tanulóközösség módszertani tudása is fontos a tanulás tervezése szempontjából. Ha egy osztályban elfogadó, támogató légkör alakul ki, akkor minden különösebb probléma nélkül alkalmazhatók például a konstruktivista didaktika szempontjából fontos feltáró beszélgetések. Mivel ezek során legtöbbször mélyen gyökerező, belső képek megfogalmazására kérjük a gyerekeket, a tanulásnak ezek a részei kritikussá válhatnak akkor, ha a gyerekek ki vannak téve társaik gúnyolódó megjegyzéseinek. Ugyanakkor, ha ezek a megjegyzések pozitívak, a nehéz feladat megoldásában hallatlan motivációt jelentenek.

A hatékony működés szempontjából nem elhanyagolható, hogy a gyerekek rendelkeznek-e az együttműködéssel kapcsolatos elemi tudással. Fontos, hogy a kooperatív módszereket csak tanári utasításra alkalmazzák, vagy pedig megértették ezek fontosságát a tanulási folyamatban. Ha ugyanis a tanulóiban tudatosodott, hogy az együttműködések során zajló tevékenységek, tisztázó beszélgetések és más szituációk az egyéni tudásuk formálódását segítik, akkor tudatosabb tanulónak válhatnak. Ha egy osztály már átesett ezen a módszertani tanulási folyamaton, akkor könnyebb a pedagógus dolga, csak fel kell derítenie az ehhez kapcsolódó speciális osztályhagyományokat (jeleket, jelzéseket, stb.), s már kiadhatók a csoportfeladatok. Ha nem ez a helyzet, akkor az osztályt át kell vezetni ezen a tanulási folyamaton is. Ez megnehezítheti ugyan a tanulási folyamat szervezését, de nem teszi lehetetlenné azt.

Az iskola

A didaktikai rendszer működésének sajátosságai harmadik, *iskolai* szinten is megfogalmazhatók. Az iskola pedagógiai emberképe, célkitűzései, a tanulásról alkotott képe, a pedagógusok pedagógiai műveltsége világszemlélete és még sorolhatnánk, együttesen meghatározzák a mindennapi működésének azt a gyakorlatát, amelyben a pedagógiai paradigmák működnek.

A továbbiakban kísérletet teszek arra, hogy összegyűjsem a konstruktivista pedagógia érvényre juttatása során szerintem fontos, iskolai szinten jelentkező pedagógiai jellemzőket.

Az első kérdés, mit tekint értéknek, értékes teljesítménynek az iskola. Ezen a területen lényegében két különböző szemléletmód érvényesül. Az egyik gyakorlat kiemelten kezeli az intellektuális, és ezen belül is elsősorban a továbbtanuláshoz szükséges teljesítményeket. A másik gyakorlat ennél árnyaltabb módon deklarálja az érték kérdését. Értéknek tekint minden tanulói teljesítményt, az intellektuális éppúgy, mint a művészet vagy sport terén elértet. Míg az első elképzeléshez gyakorta társul a követelmények egyoldalúsága, és erős szankciók a tanulmányi téren való gyenge teljesítményekhez, addig a második szemléletmód esetén fontos szerepet kap a tanulók saját magukhoz mért teljesítménye. Ebben a szemléletmódban értéknek tekintenek mindenfajta tanulói teljesítményt, intellektuális éppúgy, mint a sporttal, vagy a művészetek bármelyik ágával kapcsolatosat. Ebben az esetben az iskola deklaráltan és mindennapi gyakorlatában is elfogadja gyermekek olyanak, amilyen, és fejlesztését ezen az alapon végzi. Míg az első szemléletmódban a szummatív értékelési elemek a dominánsak, addig a második rendszerben fontos szerepet kap szummatív mellett a diagnosztikus és a formáló értékelési elemek is. (Természetesen a gyakorlatban e két felfogás különböző mértékű kombinációi is működhetnek.) Azt mondhatjuk, hogy az iskola értékelési rendszere talán a legérzékenyebb indikátor, amely megmutatja, hogy milyen az iskola pedagógia gyakorlata.

Fontos kérdés az iskola mindennapi életének gazdagsága. Változatos, a gyerekek számára izgalmas tanulási helyzetekben fejlődő gyerekek tanulási motivációja megmarad, erősödik vagy kifejlődik.

A konstruktivista didaktika eredményes alkalmazása szempontjából alapvető az iskola tanulasképe. Hatékonyan segítheti a tanulási folyamatokat, ha az iskola pedagógiai hitvallásában és mindennapi gyakorlatában a tanulás, mint egy sokszereplős folyamat jelenik meg. Ha a mindennapi gyakorlatot a tanulási-tanítási folyamat résztvevői közötti párbeszéd és rugalmasság jellemzi, könnyebben és eredményesebben alkalmazhatóak a tanításban azok a módszerek, amelyek a konstruktivista elképzelések gyakorlati megvalósulását támogatják.

Az elmondottak alapvetően befolyásolják az iskolában a pedagógus szerep alakulását. Talán nem túl nagy merészség kijelenteni, hogy a konstruktivista módon tanító pedagógus számára a hagyományos pedagógus szerep nem lehet járható út. A pedagógus a tanulási folyamatban társa a diákoknak, gyakran egy különleges státuszú tagja a feladaton dolgozó csoportnak, mentora, szervezője a tanulási folyamatnak. Nem ő a tudás egyedüli forrása, mert el kell fogadnia, hogy a gyerekek saját értelmezési keretei, elképzelései valóságmodelljei is bírnak magyarázó erővel, azok megfogalmazása szuverén joguk, joguk van részt venni a közös és egyéni tevékenységek tervének kialakításában, az iskola egyenjogú polgárai.

A konstruktivista didaktikai megfontolásokon alapuló didaktikai rendszer magában foglalja mindazt, ami a tanítás érdekében történik. A gyakorlatban elterjedt didaktikai rendszerekhez képest fő sajátossága, hogy igyekszik folyamatosan tekintettel lenni a gyermeki konstrukciók épülésére. A gyerekek előzetes tudásából indul ki, s ebben nem

pusztán az előzetes tudás megléte vagy nem léte érdeklő (hiszen mindig van előzetes tudás), hanem annak minősége, milyensége, tartalma. Cél az egyes témákban megkonstruálandó tudományos igényű magyarázatok megértéséhez szükséges fogalmi változások előkészítése és az új elméletrendszer hatékonyságának bizonyítása a gyerekek számára. De cél – ha nincs szükség fogalmi váltásra – a meglévő tudás gazdagítása, a rendszeralkotó, meghatározó tudáselemek kiemelése, megerősítése, a tudásrendszernek, mint rendszernek a formálása is. Ezeket a követelményeket csak differenciált tanulási folyamat tervezésével és következetes kivitelezésével tartom megvalósíthatónak.

6. A KUTATÁS SORÁN ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ÉS EZEK HÁTTÉRÉNEK BEMUTATÁSA

6.1. A kvantitatív és a kvalitatív kutatási módszer

A kvalitatív kutatás elsősorban az antropológiai, szociológiai folyamatok elemzésének igénye hívta életre. Társadalmi jelenségekre, összetett folyamatokra koncentrált, ezek sajátosságait elemzi. A vizsgálatot végző személy, a kutató gyakran maga is részese a folyamatoknak, történeteknek. A kvalitatív kutatásokat általában kisebb mintákon végzik, céljuk gyakran a különböző problémák okainak és/vagy motivációinak a feltárása.

A kvantitatív kutatás a valóságból gyűjtött adatokat matematikai objektumként kezeli, s matematikai elemző módszerekkel keresi a szabályosságokat, törvényszerűségeket. Ezek a kutatások nagyobb elemszámú mintákon gyűjtött adatok elemzésével zajlanak, céljuk leggyakrabban az általánosítható tapasztalatok, összefüggések megfogalmazása.

A témával foglalkozó szakirodalom tekintélyes részében azt olvashatjuk, hogy a kvantitatív kutatási paradigma a pozitívista filozófiai talaján jött létre. Lényegét *Szabolcs Éva* elemzése alapján a következőkben foglalhatjuk össze. A kvantitatív kutatási metodológia mögött az a filozófiai elképzelés áll, hogy a valóság és a róla alkotott tudás között egyértelmű megfeleltetés létesíthető, nincs különbség a természeti és társadalmi jelenségek leírása között. Azt feltételezi, hogy a kutató minden esetben független a vizsgálat tárgyától, számszerűsíthető adatokat gyűjt és azokat matematikai módszerekkel elemzi. Ezek a módszerek elsősorban a természettudományos kutatások során alakultak ki, és kerültek alkalmazásra a társadalomtudományi kutatások estében. Módszereit elsősorban az objektív adatgyűjtés, és a matematikai statisztikai módszerek alkalmazása jellemezte (Szabolcs, 2001).

A kvalitatív kutatási metodológia elsősorban a társadalmi folyamatok vizsgálatára született. E folyamatok elemzése során számosan arra a következtetésre jutottak, hogy a társadalmi folyamatok összetettségük, bonyolultságuk miatt nem elemezhetők hatékonyan kvantitatív módszerekkel. A XX. század közepe tájára egyre markánsabban jelentkezett az a nézet, hogy a társadalom működésével kapcsolatos kutatások során nem lehet ugyanazokat a módszereket alkalmazni, mint a természettudományok estében (Lincoln és Guba, 1985). E nézetek szerint a kutató-megfigyelő nem tudja magát függetleníteni a megfigyelt jelenségtől, hiszen magát a megfigyelést is a kutató vélekedései, nézetrendszere alapján végzi. Ebből következik, hogy nincs „semleges”, objektív megfigyelő, s ezt az alkalmazott kutatási módszereknek is tükrözniük kell. A XX. század közepére kialakuló post-pozitívista irányzatok arra az álláspontra helyezkedtek, hogy a valóság egy konstrukció, és a kutatást a megfigyelő által képviselt értékek, hitek, vélekedések befolyásolják.

A kvalitatív és a kvantitatív kutatási módszerek együttes alkalmazása többek szerint azért jelenthet problémát, mert úgy vélik, ezek más-más ismeretelméleti- filozófia alapon fejlődtek ki. A kvalitatív és a kvantitatív kutatási metodológiát képviselők közötti vita az 1960-as években lángolt fel. Noha mindkét kutatási módszer számos folyamat elemzésére és előrejelzésére használható eredményesen, egymást követték a viták a két módszer hívei között (Schrag 1992; Eisner 1992). A viták hevességének háttérében több értelmezési probléma is állt. *Burke* és *Onwuegbuzie* például felhívja a figyelmet arra, hogy a két terület

hívei gyakran összetévesztik a bizonyítás logikáját a kutatási metodológiával. Kiemelik, hogy a bizonyítás logikája, habár ismertelméleti szempontból valóban fontos kérdésről van szó, nem határozza meg az adatgyűjtés és feldolgozás módszereit. Felhívják a figyelmet arra, hogy több kvalitatív kutatás során kerül sor olyan mérőanyagok, tesztek kifejlesztésére és használatára, amelyekben a kvantitatív kutatási metodológia eszközeit alkalmazzák, és hasonló eljárásra a másik módszertant alkalmazóknál is gyakorta sor kerül (Burke és Onwuegbuzie, 2004). *Bryman* a két kutatási módszertan hívei között folyó vitákat elemezve arra mutat rá, hogy a viták hevében többen az ismeretelmélet és a módszer fogalmát egymás szinonimájaként használják (Bryman, 1984). *Fisher* egy tanulmányában a két módszertannal kapcsolatos viták érveit elemezte. Felhívta a figyelmet arra, hogy a természettudományos kutatásoknak tulajdonított objektivitás, ami valóság és a megfigyelő függetlenségét feltételezi, számos esetben nem valósul meg. Elég, ha csak a kvantummechanikából ismert határozatlansági relációra gondolunk, amelynek következtében az atomokban lezajló folyamatok már nem egyértelműen előre jelezhetők. Hasonló jelenségek figyelhetők meg a szintén természettudományos területen zajló káoszelméleti kutatások során is (Fisher, 1998).

A kvalitatív és kvantitatív kutatási metodológia hívei közötti vita a pedagógiai kutatásokkal foglalkozó szakembereket is sokáig megosztotta bár, ahogyan *Anthony J. Onwuegbuzie* egy tanulmányában kifejtette, számos okból célszerű lenne e kutatási módszerek együttes alkalmazása (Onwuegbuzie 2002). Bár a viták hevéssége a két kutatási metodológia hívei között sokáig megmaradt, az 1980-as évektől egyre gyakrabban fordult elő, hogy a kutatások folyamatában kevert metodológiákat alkalmaztak. Ahogyan ezt *Tashakkori és Teddie* elemzéseiből is látható, ez a tendencia a 80-as években felerősödött, és a 90-es évekre már elfogadottá vált a kvalitatív és kvantitatív kutatási módszerek együttes alkalmazása egy kutatás során (Tashakkori és Teddie, 1998).

A már korábban „*triangulációnak*” elnevezett kevert metodológiákat *Denzin* 1978-ban úgy definiálja, mint az egyazon jelenség kutatásában kombináltan alkalmazott különböző módszertanokat. Ez a kutatási módszer, vagy irányzat az elmúlt évtizedben alakult ki. Nevét a geometriából, és a földmérésből ismert helymeghatározási folyamatról kapta, amelynek lényege, hogy egy pont helyét több más adat segítségével határozzák meg. A pedagógiai kutatásokban való alkalmazásának az a célja, hogy a kvantitatív és kvalitatív kutatási módszerek előnyeit egyesítse, és ezzel minél pontosabb képet kaphassunk a kutatás tárgyát képező folyamatokról. A trianguláció a kutatás különböző területein és fázisaiban is jelen lehet, mint például az adatok gyűjtésében, a különböző beállítottságú kutatók együttes munkájában, különböző kutatási módszertanok, vagy különböző elméletek alkalmazásában.

A trianguláció egy másik értelmezéseként *Morse* az egyidejű és az egymás utáni alkalmazásról beszél. Bizonyos kutatásokban a kvalitatív és a kvantitatív módszereket célszerű egyidejűleg alkalmazni, míg máskor a kvalitatív és kvantitatív kutatások egymásra épülnek, például úgy, hogy az egyik hipotéziseinek felállításában a másik kutatási módszertan során elért eredmények játszanak alapvető szerepet (Morse, 1991; Butler, 2006).

A hazai gyakorlatban elsősorban a médiával kapcsolatosan találhatók kevert metodológiájú kutatáson alapuló elemzések. Az oktatás területéről például *Horváth Zsuzsanna* az értékelésről szóló elemzésének háttérében találhatók meg ez a metodológia (Horváth, 2004).

6.2. A kutatás céljai, alapkérdései

Munkám során arra törekedtem, hogy a létrejövő didaktikai rendszer a magyarországi „átlagos” iskolákban, vagyis átlagos infrastrukturális feltételek megléte esetén is alkalmazható legyen. Az volt a célom, hogy a kidolgozott didaktikai rendszer nem az egyébként „divatos”, legújabb digitális technológiai rendszerekre épülő, a legmodernebb technológiát használó konstruktum legyen, bár természetesen ilyen irányban való továbbfejlesztése sem lenne nehéz feladat.

A kutatás során több kérdésre kerestem választ. Kíváncsi voltam arra, hogy a magyar diákok körében is kimutathatók-e azok a sajátos értelmezések, amelyekről a szakirodalomban olvashatunk. Ha igen, található-e valamilyen sajátosság ezekben a képekben, vagy minden tekintetben megegyeznek a leírtakkal.

Megpróbáltam választ kapni arra a kérdésre, hogy hogyan alakul a gyerekekben az egyes területekhez kapcsolódó értelmezések, elméletek rendszere. Ezzel kapcsolatban főleg statikus leírások olvashatók, én arra voltam kíváncsi, hogyan szervezhető meg a tanulási folyamat úgy, hogy az elméletek változását, harcát is felszínre hozzassuk. Ennek érdekében olyan módszertani megoldásokat kerestem, amelyek támogatják a tanulási folyamatban formálódó gyermeki elképzelések nyomon követését. Fontos kérdés volt számomra, hogy hogyan a leghatékonyabban építeni a tanulók közötti együttműködésekre a belső képek megfogalmazása érdekében.

Célom volt tehát, egy olyan a tanításban alkalmazható didaktikai rendszer kialakítása és elemeinek kidolgozása, amely támogatja a konstruktivista elveken alapuló fizikatanítást.

6.3. A tanítás és a tervezés folyamata

Az eddig elmondottaknak megfelelően a kutatás során alkalmazott módszer szorosan összekapcsolódott magával a tanítási folyamattal. Az egyes témák és résztémák tervezésénél a következő eljárást követtem:

1. Az előkészítő szakaszban sor került az addig már ismert problémák áttekintésére, és a kísérletbe bevont osztályok tanulói előzetes elképzeléseinek vizsgálatára.
2. Az előbbiek alapján részletes tanítási tervet készítettem, amelyben figyelembe vettem, hogy az mindig egy adott osztályra készül, kialakítása során messzemenően építeni kell az osztály és a tanár módszertani tudására, különös tekintettel arra, hogy milyen kooperatív módszereket lehet eredményesen alkalmazni, illetve, hogy milyenek a gyerekek között kialakult kapcsolatok, elfogadóak, türelmesek-e egymással, bizalommal vannak-e a tanár iránt, stb.
3. A tanítási szakaszban került sor a téma hagyományos értelemben vett „feldolgozására”. Itt zajlottak a mérések, kísérletek, beszélgetések, a csoport- és páros munkák, a differenciált egyéni munka, a kisebb „lélegzetű” projektek, mindaz, amit hagyományosan is „tanításnak” szoktak tartani. Az órai eseményekre való emlékeztést, felidézést segítették az órákról készített jegyzőkönyvek, illetve az általam írt emlékeztetők. Ezt a szakaszt úgy terveztem meg, hogy a munka során végzett feladatok arra is alkalmasak legyenek, hogy folyamatosan képet kaphassak arról, hol tartanak a gyerekek a megértésben. Ehhez felhasználtam a csoportmunkákat, ahol a csoportokban zajló beszélgetések szolgáltatnak információkat a gyermekek gondolkodásának alakulásával kapcsolatban. Itt, ha szükséges volt azonnali beavatkozással, kérdésekkel, kisebb vissza, illetve előrelépéssel, vitákkal, stb. igyekeztem azonnal reagálni a felmerülő problémákra. Ez a „folyamat közbeni diagnózis” nagyon hatékonyan bizonyult, ezért a didaktikai rendszer fontos elemévé vált. Elsősorban a megfelelő feladatok megtalálása jelenti a problémát, hiszen ez mindig függ az adott osztálytól is.

- Amelyik feladat az egyik osztályban alkalmasnak bizonyult tisztázó vita provokálására, az egy másik osztályban nem működött.
4. A téma tanítására tervezett órák kb. 3/4 részénél diagnosztikus vizsgálatot végeztem. A megoldott feladatokat kijavítva visszakapták a gyerekek, de ezeket soha nem osztályoztam le.
 5. Ezt követte a megbeszélések és a diagnosztikus vizsgálat tapasztalatai alapján szervezett differenciált tanulási folyamat. Ennek során többféle munkamódszert is alkalmaztam. Volt, amikor heterogén csoportokban dolgoztak a gyerekek, volt, amikor néhányan egyénileg dolgoztak, s a többiek a felmerült problémák alapján szerveződő homogén csoportokban tanultak. Terveztem teljesen egyéni differenciált tanulási szakaszt is a felmerült problémák megoldására.
 6. A téma lezárásaként felmértem a tanulási folyamat eredményét, vagyis szummatív mérés készült a teljesítményekről.
 7. Ezek alapján elemeztem az eredeti tervet, majd elkészült a következő szakasz tanítási terve, amely lényegében az eddigieknek megfelelően folytatódott.

6.4. Az alkalmazott kutatásról

Mivel tapasztalatokkal és kutatási lehetőségekkel is az általános iskolás korosztállyal kapcsolatban rendelkezem, így munkám során erre a korosztályra koncentráltam. Ennek az is fontos oka, hogy a természettudományos fogalmak alakulásának ezt a kezdeti szakaszát kiemelten fontosnak tartom, hiszen itt kerül sor azoknak az alapfogalmaknak a kialakítására, amelyek a későbbi természettudományos tanulmányokat segíthetik, vagy éppen akadályozhatják. Ennek a tanulási szakasznak a sikere vagy kudarca meghatározhatja továbbá a tanulók természettudományok tanulásával kapcsolatos attitűdjeit, befolyásolhatja őket tanulási céljaik alakításában.

Fontos célom volt olyan a konstruktivista tanítási elképzeléseknek megfelelő módszerek kipróbálása, amelyek a didaktikai rendszer elemeit képezik majd. Ezen kívül szerettem volna pontosabb információkat szerezni arról, hogyan zajlanak a csoportokban és az egyes gyerekekben a fizikai fogalmakkal kapcsolatos konstrukciós folyamatok, hol és mikor érdemes és lehet ezekbe hatékonyan beavatkozni, és hogyan lehet segítséget adni a továbblépéshez. Továbbá célom volt eddig nem ismert gyermektudományi elemek azonosítása, amennyiben ezek a kutatás során felmerülnek.

Az egyes résztemák tanításának előkészítéséhez akciókutatást folytattam. Az akciókutatás során előkészítettem, illetve kialakítottam egy didaktikai rendszer kereteit. Az akciókutatásba minden általam tanított osztályt bevontam. Előkészítésként megismerkedtem az osztályok tanulási szokásaival, hagyományaival, vagyis arra törekedtem, hogy minden olyan információt megszerezsek, amely a tanulási helyzeteket befolyásolhatja. Ezzel egyidejűleg a gyerekek írásban megválaszolták a szakirodalomból összeállított vizsgálófeladatokból álló kérdéseket. (Ezeknek bemutatása és a válaszok elemzése később történik.) Ezeknek az információknak a birtokában került sor a tanulási folyamat megtervezésére. A munka célja az volt, hogy olyan tanulási folyamat alakuljon ki, amelyben a gyerek aktuális értelmezési kereteiből kiindulva mindenki közelebb kerül a tudományos elmélet megértéséhez és használatához.

A tanulási folyamat szempontjából az is fontos mozzanat, hogy hogyan zajlik a vélemények formálódás egy csoporton belül. Ennek megfigyelése legtöbbször a tanulási folyamatban zajlott, hiszen itt a munka csoportokban folyt. A tapasztalatokat itt is emlékezetből rögzítettem, hiszen az órák közben nem lehetett magnófelvételt készíteni. Néhány esetben megkíséreltem csoportos interjút szervezni, azonban a rendelkezésemre

álló technikai eszközökkel nem sikerült használható minőségű hangfelvételt készíteni az ott elhangzottakról, így ezek rögzítése is emlékezetből történt.

A csoportos diagnosztikus beszélgetéseken leghasznosabbnak mutakozó problémák, feladatok köré szerveztem az egyéni interjúkat, amelyeket arra (is) használtam, hogy a diagnosztikus beszélgetéseken felszínre került gyermektudományi elemek meglétét másoknál is megvizsgálhassam. Ezt a módszert használtam az egyéni mentális reprezentációk állapotának feltárására. Ezt azért tartottam fontosnak, mert segítségemre lehet olyan gyerekek tanítása során, akiknek nem sikerül saját elképzeléseiket megfogalmazva segíteni a tanári munkát. Itt mindig az egyes témák tanítása során legproblematisabbnak tűnő tudáselemekre koncentráltam, és igyekeztem feltárni az ezekkel kapcsolatos egyéni konstrukciókat. A kérdések megfogalmazása a vizsgálni kívánt tudáselemre koncentrálván, általában egy-egy konkrét gyakorlati probléma megoldásából indult ki. Az egyéni reprezentációk változatossága miatt nem lehetett szigorúan rögzített kérdéssorral dolgozni. Mivel azonban a tanulói válaszok hátterében legtöbbször tipikus és azonosítható gyermeki elméletek állnak, meg lehetett fogalmazni az ezekre utaló válaszok sajátosságait. Ezt a módszert mind a tanítási órák közben, mind pedig azokról függetlenül használtam. A tanítási órákon a munka természetéből fakadóan általában nem lehetett hangfelvételt készíteni, ilyenkor az órát követően emlékeztetőt írtam a beszélgetésről. Az órákon hospitáló, illetve gyakorló tanítást végző fizika szakos hallgatók bevonásával, az óráktól függetlenül egyéni interjúk is készültek. Az egyéni interjúkról készült magnófelvételeket leírtam, majd elemeztem. Ezeknek tapasztalatait az egyes témákkal kapcsolatos részben mutatom be. Mivel ennél a módszernél nagyon fontos az interjúalany válaszaira reflektáló továbblépés, sok múlik azon, hogy a kérdező megtalálja-e a legcélravezetőbb kérdést. Ezért a gyerekek kikérdezésére vállalkozó fizika szakos tanárjelölteket igyekeztem a részletesen felkészíteni a munkára. Az egyéni interjúk végzését segítő terv a mellékletben található.

Az interjúkban törekedtünk arra, hogy a gyerekek nyílt kérdésekre válaszolva fogalmazzzák meg a témával kapcsolatos mentális modelljeik lényegét. Ahol ez nem működött, ott több alternatíva közül kellett választania az interjúalanynak, majd ezt a választást további kérdésekkel próbáltuk meg részletezni. Ez azért volt fontos a kutatásban, mert a legtöbbször olyan elképzelések, belső képek megfogalmazására kértük az gyerekeket, amelyekkel kapcsolatban kevés korábbi nyelvi-, megfogalmazásbeli példával találkozhattak.

Az egyes egységek tanítása során összegyűlt tapasztalatokat elemezve került sor a további feladatok megfogalmazására, illetve az eredeti terv módosítására is, ha ez szükségesnek bizonyult. A munka során mindvégig arra törekedtem, hogy minden olyan eredményt, amely a gyerekek megértését segítheti, lehetőleg azonnal használják a tanulási folyamatban is.

6.5. A kutatás fontos jellemzőinek bemutatása

A természettudományok tanításával eltöltött közel három évtized során mindig arra törekedtem, hogy lehetőleg minden tanuló értse meg a tananyagot. Tanuláson olyan tanulást értek, amely során valóban lezajlik egy megértési folyamat, a diákok szembesülnek saját tudásuk tartalmával, és a tanulási folyamat végére mindenki közelebb jut a tudományos elképzelés elsajátításához. Ebben sok segítséget adott a konstruktívizmussal való megismerkedés, így már a kutatás megkezdése előtti időszakban is vizsgáltam a tanulók természettudományos gondolkodásának alakulását. Ezért a gyermeki elképzelések alakulásáról 1997 óta vannak adataim, amelyeket jelen kutatás keretében is felhasználtam. A kezdeti szakaszban a természettudományok szakrendszerű

tanítása előtt, alatt, és az általános iskolai tanulmányok végén is készültek vizsgálatok. E kutatás szükségességét alapvetően az is indokolta, hogy ezek a tanítás meghatározott pontjain végzett vizsgálatok már akkor azt mutatták, hogy az egyes részfolyamatok gondos tervezése hozhat lokális eredményeket. Azt is megmutatta azonban, hogy ahol a tanulási folyamatnak csak egyes elemeire koncentráltam ott nem sikerült az előrelépés.

Ekkor döntöttem úgy, hogy nemcsak az előzetes tudás és a tanulási folyamat végén konstruálódott elméletekre koncentrálok, hanem magát a tanulási folyamatot elemzem és formálom át. Az volt a célom, hogy a kutatás eredményeként létrejöjjön egy a fizika tanításában használható didaktikai rendszer, s a legfontosabb alapozó témakörök tanításában ezt ki is próbálhassam. Ez a kipróbálás egy iskolában egyes osztályokkal kettő, három, vagy négy évfolyam tanítása során meg is valósulhatott.

Mivel a tanítási folyamat középpontjában a tanulók gondolkodása és annak alakulása állt, sok energiát fordítottam a gyermektudományi elemek vizsgálatára. A munka során ennek több olyan eleme is a felszínre került, amelyeket korábban nem ismertem.

A gyermektudományokkal való kiemelt foglalkozásnak az is oka, hogy amíg a szakirodalomban számos gyermeki elképzelés leírásával találkozhatunk, addig viszonylag kevés utalást találhatók arra, hogyan zajlik az egyes elképzelések harca, mi irányítja a gondolkodást egyik vagy másik tudásterület felé.

Szintén fontos volt olyan módszertani eljárások végiggondolása, és kipróbálása, amelyek az osztálytermi folyamatok során is lehetővé teszik az egyéni tanulói konstrukciók alakulásának követését, és a tanári segítségnyújtást. Ennek a feladatnak a megoldásához nem használhattam tesztek vagy vizsgálófeladatokat, hiszen az egyes kérdésekre adott jó és rossz válaszok csak egyfajta pillanatképet mutatnak, és legtöbbször nem nyújtanak segítséget a fogalmi fejlődés folyamatának elemzéséhez. Nem beszélve arról, a számtalan esetben tapasztalt tényről, hogy egy írásbeli feladatra adott „rossz” válasz mögött is állhat alapvetően helyes tudományos elmélet, de ennek az ellenkezője is gyakran előfordul. Például a közös hőmérséklet kialakulásával kapcsolatban, amikor a két pohár 30°C-os víz összeöntése után kialakult közös hőmérsékletet firtattuk, az írásbeli válaszok megadása után megkérdeztem, hogy miért gondolták néhányan azt, hogy a közös hőmérséklet „kb. 28-29°C” lesz. Az egyik tanuló elmondta, hogy szerinte az összeöntés közben a víz érintkezik a körülötte lévő levegővel. Ez biztosan hidegebb, mint a víz, így annak hőmérséklete az összeöntés után már nem lehet 30°C. Ha pusztán a vizsgálófeladatokat elemezzük, nem tudunk mit kezdeni ezzel a válasszal, így viszont világossá vált, hogy a gyermek a hőmérsékletet már nemcsak hogy nem kezeli összeadóó mennyiségként, de a lezajló kölcsönhatást egy környezetével is kapcsolatban lévő rendszer folyamataként értelmezte. Így aztán a látszólag „rossz” válasz mögött a tudományos elképzelésekhez igencsak közel álló elmélet működik. Ez, és az ehhez hasonló esetek tapasztalatai alapján fordultam a kvalitatív kutatási metodológia felé, annak módszereit alakítottam a vizsgálati helyzetekhez. A szakirodalomból ismert feladatokat legtöbbször a gyermeki elméletek megismerésének kiindulási feladataiként kezeltem, az ezekre adott írásbeli válaszok közös elemzése kapcsán kezdődött meg a tanulói elképzelések diagnózisának második szakasza, amelyben megpróbáltam a gyerekekben működő elméletekhez közelebb jutni. Mivel a kutatás valóságos osztályokban zajlott, ezt a folyamatot időbeli korlátok is szabályozták.

A „tisztán” a diagnózisra fordított tanulási szakaszra legtöbbször csak a fizika szakrendszerű tanításának kezdetén (a 6. később a 7. osztály elején) került sor. A tanítási folyamatban viszont állandóan provokáltam a tanulói elméletek működését és mindvégig reflektáltam a felmerülő kérdésekre.

Az általam alkalmazott módszerek többségére az a jellemző, hogy figyelembe veszik a pedagógiai jelenségek komplexitását, tehát azt, hogy valamilyen újdonság beválása mindig igen sok tényezőtől függ egyidejűleg. Ahogyan azt *Szabolcs Éva* a kvalitatív kutatásokról

szóló könyvében is megállapítja az ilyen kutatásokban a kutató és a közösség kapcsolatának többnyire nem kiiktatható (Szabolcs, 2001, 45-47. o.). Ebből következik, hogy bizonyos megfigyelések, megállapítások jelentése csak megfelelő kontextusban értelmezhető, így fontos volt számomra az, hogy munkám természetes körülmények között, osztályokban folyt.

6.6. A kutatás helyszínének és a résztvevőknek a bemutatása

A kutatás több éven keresztül zajlott, így több osztály tanulási folyamataiból származnak információim. Ezek az osztályok a fizikatanulás kezdetén, vagy a felső tagozatra lépve, írásban válaszoltak a szakirodalomból vett vizsgálófeladatokból összeállított kérdésekre.

A didaktikai rendszer kipróbálását a 2000/2001-es, illetve a 2001/2002-es tanévben kezdtem meg és a 2003/2004, 2004/2005, 2005/2006 és a 2006/2007-es tanévben folytattam a fővárosi Deák Diák Iskola párhuzamos osztályaiban.

A kutatás helyszínének bemutatása

A Deák Diák Iskola jelenleg a főváros nyolcadik kerületében működik. Az iskola története önmagában is izgalmas, a pedagógiai innovációk területén több érdekes kezdeményezés is kapcsolódik hozzá. Innen indult például útjára az erdei iskola elképzelése, amely ma már az egész országban elterjedt, sikeres mozgalommá vált. Az 1990-es évek elejéig az iskola a Belvárosban a Sütő utcában működött. A rendszerváltáskor az iskola épületét az egyház visszakapta. Az iskolahasználók körében népszerű intézmény számára az önkormányzat keresett megfelelő iskolaépületet, azonban a belvárosban ilyen nem állt rendelkezésre. A nyolcadik kerület felajánlotta az akkor már üresen álló Orczy úton lévő épületét, így a Deák Diák Iskola a Belvárosból a nyolcadik kerületi épületbe költözött. A kerületen kívül működő intézménynek a fenntartó Belvárosi Önkormányzat nem jelölhetett ki körzetet, ennek ellenére az iskolába folyamatosan túljelentkezés volt. A belvárosi gyereklétszám drasztikus csökkenése és a földrajzi távolság miatt az iskola tanulói között jelentősen visszaesett a belvárosi gyerekek száma, és fokozatosan növekedett a józsefvárosi családokból ide iratkozóké. A két önkormányzat közötti tárgyalások eredményeként az 2003/2004- es tanévtől a fenntartói feladatokat a Józsefvárosi Önkormányzat vállalta magára. Ettől a tanévtől az iskola nyolcadik kerületi körzettel rendelkezik.

Az iskola Orczy úti épülete két világ határán helyezkedett el. Az egyik oldalról a tisztviselőtelep övezte, ahol a tehetősebb, általában magasabb iskolázottságú családok laktak. A másik oldalról a kerület legelesettebb családjainak otthonát adó utcák határolták.

Az iskolára mindig is jellemző volt a nyitottság, a családokkal és a gyerekekkel szembeni elfogadás, és a problémák megoldásának közös keresése. A tantestület pedagógiai innovációkra nyitott, több közös tréningen vett részt, a korszerű pedagógiai módszereket minden tagja ismeri, és törekszik az alkalmazásra. Az iskolát az elmúlt évtizedekben a pedagógiai innovációkra való nyitottság jellemezte, számos a közoktatásban ismert jó gyakorlat (szöveges értékelési módszerek kidolgozása, tanítási projektek, mestermunka, integrálás, SNI gyerekek inkluzív nevelése, stb.) működik az iskolában. Az 1990-es évek közepe óta az iskola sajátos nevelési igényű tanulók fejlesztésével is foglalkozik. Ebben is nagy szerepet kap a szervezetében működő Budapesti Énekes Iskola, amely a zenei nevelés adta lehetőségeket is felhasználva segíti a pedagógiai fejlesztéseket.

Az iskola tanulói a társadalom nagyon különböző rétegeibe tartozó családok gyermekei közül kerülnek ki. Az egyes osztályokban megtalálhatók az értelmiségi családok gyerekei éppúgy, mint rossz körülmények között élő, alacsony iskolázottságú családok gyermekei. Az iskola pedagógiai programja, a kialakult módszertani kultúra, a

családokkal való állandó párbeszéd, a szülőkkel való kapcsolattartás azt eredményezte, hogy az iskolán belül megvalósítható a heterogén csoportszervezés. Ez lehetővé teszi, hogy a mindenkori tanulási folyamatban változatos társadalmi tapasztalatok jelenjenek meg.

A 2008/2009-es tanévtől az iskola ismét új épületben a Köztársaság téren működik. A 2008 nyarán zajló újabb költözés során tanulóinak mintegy 98%-a követte iskoláját az új épületbe. Ez azt jelzi, hogy a megváltozott társadalmi és gazdasági körülmények között is vonzó maradt azoknak a családoknak a körében, akik mindennapi működését saját tapasztalataikból ismerik.

Én 1997 óta dolgozom az intézményben, ahol a 2000/2001-es tanévtől a didaktikai kísérletet végeztem. A természettudományos tantárgyak szakrendszerű tanításának kezdetén minden osztályban vizsgáltam a természettudományos gondolkodás szempontjából alapvető kérdésekkel kapcsolatos tanulói elképzeléseket. Néhány esetben a tanév során további vizsgálófeladatok megoldására is sor került. Kiindulásként azoknak a vizsgálatoknak az eredményeit használtam fel, amelyeket 1997/1998-as tanévtől folyamatosan végeztem. A kutatás során, illetve az azt megelőző időszakban a következő adatfelvételek történtek:

5. táblázat: adatfelvételek a kutatáshoz

	Válaszadók száma
1997/1998 6.a	24
1997/1998 6.b	28
1997/1998 7.a	20
1997/1998 7.b	16
1997/1998 7.c	17
1997/1998 8.a	23
1997/1998 8.b	15
1998/1999 6.a	21
1998/1999 6.b	26
1999/2000 6.a	26
1999/2000 6.b	23
1999/2000 8.a	13
1999/2000 8.b	26
2000/2001 6.a	26
2000/2001 6.b	25
2001/2002. 5.a	26
2001/2002. 5.b	25
2001/2002 6.a	25
2001/2002 6.b	20
2001/2002 6.c	27
2000/2001 7.a	24
2000/2001 7.b	15
2000/2001 8.a	20
2000/2001 8.b	18
2001/2002 8.a	22
2003/2004. 5.a	16
2003/2004. 5.b	20
2004/2005 5.a	27
2004/2005 5.b	26
2005/2006 5.a	22
2005/2006 5.b	14
2005/2006 7.a	22
2005/2006 7.b	22
2005/2006 7. c	5
2006/2007 5.a	18
2006/2007 5.b	25
2007/2008 5.a	21
2007/2008 5.b	29
Összes válaszoló:	818

A válaszadók között 428 fiú, és 384 lány szerepelt. A táblázatban azonos színnel kiemelt osztályok esetében a felső tagozatba lépéskor, és az iskola befejezésékor is megválaszták a gyerekek a különböző vizsgálfeladatokról összeállított kérdéseket.

7. A KUTATÁS EREDMÉNYEI ÉS ELEMZÉS

A fizika tanulását megkezdő gyerekek válaszait elemezve világossá vált, hogy nem tekinthetők el olyan elemi fogalmakkal való foglalkozástól, mint a térfogat, a sűrűség, vagy a fény terjedése. Másfelől világossá vált, hogy az energia, mint központi fogalom, jól feldolgozható a mozgások, az anyagszerkezet és az elektromosság témakörben. Így végül az energia önálló tanítási egységként való kidolgozására nem került sor. A munka során bekövetkezett, tantervi változás miatt kétféle feldolgozást is kipróbáltam az energia témájának tanítására. Az egyik alkalommal az anyagszerkezeti részben, a hőmérséklet-fogalom alakításával egyidejűleg kezdtem meg a fogalmi tisztázást, a másik feldolgozási módban pedig a mozgásokkal kapcsolatos egységben zajlott az energia értelmezése alapjainak a kidolgozása.

Munkám során a következő, nem egyenlő terjedelmű tanítási, tematikai egységek kidolgozására, és kipróbálására került sor:

Anyagi tulajdonságok

Elektromosság

Mozgások

Anyagszerkezet

A kutatás eredményeinek bemutatása az egyes tematikai egységek feldolgozása során végzett munka leírásával, elemzésével történik. Az egyes egységek az előzetes tudást vizsgáló feladat (vagy feladatok) bemutatásával és az erre adott tanulói válaszok megoszlásának bemutatásával kezdődnek. Ezt követően áttekintem az iskolai tanulás során szerzett korábbi ismereteket (ha vannak ilyenek). Ez után a tanulási szakaszban végzett munka bemutatása és elemzése következik, ahol szintén számos gyermektudományi elem került felszínre. Ennek az az oka, mert mint az a didaktikai rendszer korábbi leírásából látható, a tanítási folyamat során is állandóan reflektáltam a felmerülő problémákra. A kutatás közben felszínre kerülő gyermektudományi elemek vizsgálatára végzett interjúk eredményeinek ismertetésére a tanulási szakasz elemzésében kerül sor, ott ahol ezek az értelmezések a didaktikai rendszer kipróbálása során általában felmerültek. Az egyes tematikai egységek végén röviden összefoglalom a tanulási folyamat során tapasztalt, általam általánosíthatónak vélt, vagy további kutatásra, továbbgondolásra érdemes elemeket. Két téma esetében ezt az összefoglaló részt megelőzi a téma tanulása során felmerülő olyan problémák összefoglalása, amelyek más tematikai egység tartalmaihoz kötődnek ugyan, de az adott téma tanulása során gyakran felmerülő nehézségeket jelentettek. Ilyen részek az elektromosság és az anyagszerkezet tematikai egységek esetében kerültek megfogalmazásra. Ezeknek a tematikai egységeknek a tanulásakor sok olyan tudás használatára van (lenne) szükség, amelyek kialakítására a fizikatanulás más területein kerül sor. Mint azt látni fogjuk, ezek a tudáselemek gyakran a maguk értelmezési nehézségei miatt nem a tudományos elméletnek megfelelően működnek a gyermeki elmében, nehezítve ezzel más témák alapfeltevéseinek, vagy egyes következtetéseinek megértését.

7.1. Anyagi tulajdonságok (tömeg, térfogat, sűrűség, hőmérséklet, fény)

7.1.1. Előzetes tudás felmérése, elemzése - tömeg-térfogat sűrűség

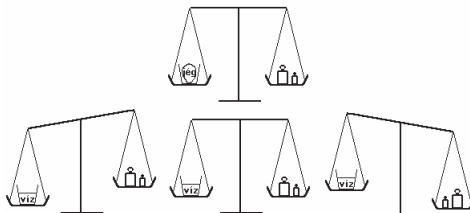
Az előzetes tudás felmérését, diagnózist szolgáló feladatlap összeállítása során figyelembe vettem a szakirodalomban szereplő kérdéseket és feladatokat, támaszkodtam arra a fogalom-differenciálódási folyamatra, amelyet *Fényes Imre* mutat be a *Fizika eredete* című könyvében, valamint felhasználtam saját korábbi tapasztalataim is (Fényes, 1980; Driver, 1985).

A fizika szakrendszerű tanulásának kezdetén (vagyis a hatodik, később a hetedik osztályban) kimondatlanul ugyan, de elvárjuk, hogy a gyerekekben kialakuljon a tudományos tudásnak megfelelő kép, elképzelés néhány alapvető anyagi tulajdonsággal kapcsolatban. Ezek a fogalmak a térfogat, a sűrűség és bizonyos értelemben a súlyos tömeg.

Az eredmények azt mutatják, hogy azoknak a fogalmaknak a fejlődése, amelyek ugyanazon differenciálatlan fogalom-együttes elemeit képezik, sokáig közös „pályán” halad. E fogalmak nehezen differenciálódnak, és ezzel nagymértékben negatívan befolyásolhatják a fizika tanulásának eredményességét (Chi és mts. 1994). Ezért elemeztem viszonylag részletesen, hogyan gondolkodnak a gyerekek ezekről a fogalmakról. A gyermeki gondolkodás pontosabb megismerése érdekében itt is a feladatokra született megoldások elemzéséből indultam ki. A témát megpróbáltuk alaposan körbe járni a gyerekekkel, ezért már a kiindulási kérdéseket is variáltam annak megfelelően, hogy milyen további mennyiségek értelmezése zavarhatja meg a tudományos igényű fogalomalkotást. Ennek megfelelően a következő kiindulási feladatokat használtam:

6. ábra: Feladatok a tömeg-térfogat sűrűség fogalmak alakulásának vizsgálatára

1. Melyik nehezebb: 1 kg tömegű toll, vagy 1 kg tömegű kő?
2. Melyik nehezebb: 1 kg tömegű víz, vagy 1 kg tömegű jég?
3. A felső rajzon látható mérleg serpenyőjében, a műanyag tartóban jég van, s a mérleget így kiegyensúlyoztuk. Az alatta lévő három rajz közül melyik ábrázolja helyesen a mérleg helyzetét a jég felolvadása után?



A kérdések különböző megfogalmazására – túl a jól ismert gyakorlati okokon – azért került sor, mert szerettem volna kideríteni, hogy milyen mennyiségek lehetnek fontosak a tömegfogalom és a megmaradó anyag fogalmának alakulásában. A toll és a kő összehasonlítása a tömeg-térfogat-szilárdság, a jég és víz összehasonlítása a tömeg-sűrűség fogalmak lehetséges összekapcsolódásait próbálja meg felszínre hozni. A kérdés mérleges változata pedig egy a kutatásba bevont gyerekek mindegyike által korábban már látott, illetve egyéni, csoportos vagy közös munkában mérésre használt eszközt von be a

gondolkodás vizsgálatába, valamint a halmazállapot-változással kapcsolatos esetleg fellépő sajátos értelmezéseket próbálta meg felszínre hozni. A mérleg használatával arra is megpróbáltunk fókuszálni, hogy a mérés, mint egy fontos természettudományos módszer befolyásolja-e a gyerekek fogalmainak változását.

A gyerekek írásos válaszait elemezve megállapítható, hogy az egyes osztályok diákjai által hordozott elképzelések között nagyon lényeges különbségek találhatók ebben a kérdésben. Ebből is arra a következtetésre juthatunk, hogy az iskolai nem szakrendszerű tanítás ideje alatt, iskolai vagy azon kívüli hatásokra már zajlik a gyerekekben azoknak a fogalmaknak az értelmezése, amelyekre a szakrendszerű fizikatanítás építeni szeretne. A mérleges feladatra összesen 533 írásbeli válaszlehetőség volt az összes felmérést tekintve. Csak 3 tanuló nem válaszolt a kérdésre, ami azt jelzi, hogy a gyerekeknek nem okozott különösebb gondot a feladat megértése. A válaszok megoszlása a 7. táblázatban látható.

7. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a mérleges feladatra adott válasz esetén

	Válaszolók száma	Válaszolók aránya (%)
Értelmezhetetlen	9	1,7
Víz	91	17,3
Egyenlő tömegek	247	46,6
Jég	183	34,5
Összes válasz:	530	

A kérdésre tudományosan tekinthető válasz úgy adható, ha az „egyenlő tömegek” opciót választjuk, hiszen a jég elolvadásával annak tömege nem változik meg. Ha a másik serpenyőben a folyamat kezdetén a „súlyok” kiegyensúlyozták a jeget, akkor az olvadás után is ez lesz a helyzet. Értelmezhetetlen válasznak tekintettem azokat, amelyekben a válaszoló egyszerre több rajzot is megjelölt, mint lehetséges állapotot. Felszínes megközelítésben mondhatjuk azt is: ezek rossz válaszok. Nem minősíthetünk azonban minden megfontolás nélkül „rossznak” egy választ, még akkor sem, ha kis arányban van jelen a vizsgált csoportokban. El kell gondolkodnunk azon, milyen elméletek működnek a válaszolóknak.

A tanítási folyamat további tervezése szempontjából elgondolkodtató eredményt kaptunk azzal, hogy a válaszolóknak csupán 46,6%-a válaszolt a kérdésre a tudományos elméletek alapján. A probléma hátterében olyan alapmennyiségek nem megfelelő értelmezése, illetve differenciálatlansága áll, amelyek rendkívül fontosak a természettudományos tanulmányok szempontjából. Erősen valószínűsíthető a tömeg, a térfogat, a sűrűség, a testek szilárdsága fogalmainak összekeverése, valamint az anyagmegmaradás elvének értelmezési problémái. Ezek a gyerekek témával kapcsolatos tudásterületeinek tisztázatlanságáról árulkodnak. Az a véleményem, hogy addig nem szervezhető eredményes tanulási folyamat, amíg ezekkel az alapkérdésekkel összefüggésben nem konstruálnak meg magukban a gyerekek egy stabil, a tudományos elképzeléseknek megfelelő ismeretrendszerét.

Mivel munkám szempontjából nem a nagy minták elemzése, hanem az egyes osztályok előzetes tudásának az állapota volt fontos, ezért az előző táblázattal összefüggő megállapításoknál sokkal fontosabb következtetések vonhatók le a következő adatokból, amelyek már osztályonként mutatják az előző kérdésre adott válaszok alakulását:

8. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a mérleges feladat esetén, különböző osztályokban

	Melyik nehezebb?			
	Értelmezhetetlen	Víz felé billen	Egyenlő tömeg	Súly felé billen
1997/1998 7.a		20,0%	50,0%	30,0%
1997/1998 7.b		12,5%	68,8%	18,8%
1997/1998 7.c		52,9%	23,5%	23,5%
1999/2000 8.a		25,0%	50,0%	25,0%
1999/2000 8.b		19,2%	53,8%	26,9%
2000/2001 6.a		11,5%	30,8%	57,7%
2000/2001 6.b		16,0%	44,0%	40,0%
2001/2002 5.a		15,4%	50,0%	34,6%
2001/2002 5.b		24,0%	52,0%	24,0%
2001/2002 6.a	4,0%	8,0%	16,0%	72,0%
2001/2002 6.b		5,0%	50,0%	45,0%
2001/2002 6.c		11,5%	57,7%	30,8%
2003/2004 5.a		20,0%	46,7%	33,3%
2003/2004 5.b		20,0%	40,0%	40,0%
2004/2005 5.a	7,4%	7,4%	40,7%	44,4%
2004/2005 5.b	3,8%	3,8%	65,4%	26,9%
2005/2006 5.a	9,1%	4,5%	31,8%	54,5%
2005/2006 5.b	7,1%	21,4%	35,7%	35,7%
2005/2006 7.a		22,7%	54,5%	22,7%
2005/2006 7.b		18,2%	54,5%	27,3%
2005/2006 7.fz			80,0%	20,0%
2006/2007 5.a	5,6%	16,7%	61,1%	16,7%
2006/2007 5.b		28,0%	40,0%	32,0%
2007/2008 5.a		19,0%	42,9%	38,1%
2007/2008 5.b	3,4%	27,6%	51,7%	17,2%

A tanulási folyamatot nyilvánvalóan másképpen kellett megterveznem a 2001/2002 6.a osztályban, ahol a válaszadók többsége úgy gondolja, hogy a súly felé billen el a mérleg, mint egy olyan osztályban, ahol a gyerekek fele, vagy akár annál többen (2004/2005 5.b), már nem kapcsolják össze a halmazállapotot, a szilárdságot a tömeggel. Természetesen ahhoz, hogy a tényleges továbbhaladási irányt meg tudjam tervezni, most válik nagyon fontossá, hogy megkérdezzem a gyerekeket, miért is választották a megjelölt ábrát. Ezért egy évfolyamon már az írásos feladathoz hozzákapcsoltam azt a kérést, hogy indokolják is meg választásukat. Ezek között a következő indoklások születtek:

- a vas (utalás a méréshez használt súlyok anyagára) nehezebb, mint a víz,
- mert a víz párolog, így könnyebb lesz a súlya,
- mert, ha a jég felolvad, könnyebb lesz,
- ha a jég felolvad, veszít a súlyából,
- szerintem a jégnek nagyobb a tömege, mint a vízé.

Az írásban megadott indoklások közül nem mindegyik tartalmaz felvilágosítást a tanuló gondolkodásáról, sokan csak megismétlik, szavakkal is deklarálják korábbi választásukat. Az itt szereplő indoklások közül a második alapján viszont azt feltételezhetjük, hogy nem minden „hibásan” válaszoló gyermek gondolkodik a tudományos elképzelésektől távol álló módon a kérdésről. A folyamat során ugyanis valóban van párologás, így ez magyarázhatja a jég-víz tömegének csökkenését. E válasz megadása során elméletileg szükséges annak a feltételezése is, hogy a vas adott hőmérsékleten lassabban párolog, mint az a fém, amelyből a tömegmérésnél használt mintatestek készültek. Az írásbeli válaszokat követő megbeszélések során azonban azt tapasztaltam, hogy a párologás jelensége csak elvétve

került be a magyarázatok indoklása közé. Amikor a problémát felvettem, a legtöbb gyerek még azon is meglepődött, hogy a jég és a hideg víz is párolghat.

A tanulói elméletalkotás izgalmas régióinak létét engedi sejtetni az a válasz, miszerint a vas nehezebb, mint a víz. Feltehetőleg a sűrűség fogalom differenciálatlansága zavarja a tudományosan korrekt válasz megfogalmazását, hiszen a gyerekek mindegyike tapasztalta már, hogy a fémből (így a vasból) készült tárgyak lesüllyednek a víz alá. Ezt a tapasztalatukat terjesztették ki a mérlegre, amely a szilárd halmazállapotú víz, vagyis a jég esetén egyensúlyban lehet ugyan, de a gyermeki gondolkodásban a folyadékban a fémnek már le kell süllyednie. Mivel a fogalomegyüttesben nem történt meg a differenciálódás, a feladatban felbukkanó egyéb körülmények nem terelik a választ a tudományos igényű magyarázat irányába.

A helyzet tovább árnyalódik, ha megnézzük azokat a választásokat, és a hozzájuk tartozó indoklásokat, ahol a felolvadás után vizet tartalmazó serpenyő felé billen a mérleg. A gyerekek egy része leírja, hogy a víz nehezebb, mint a jég. A feladatot követő megbeszélésen azaz érvelnek, hogy jég úszik a vízen, tehát a jég a könnyebb. Itt is érzékelhető, hogy nem zajlott le a fogalmi differenciálódás a tömeg és a sűrűség között, a „könnyebb” kifejezést hol a tömeg, hol pedig a sűrűség fogalom összehasonlításában használják a gyerekek.

A kérdés megválaszolása és a tisztázó beszélgetések tapasztalatai alapján további két fontos mozzanat felé fordult a figyelmem. Az egyik, hogy a gyerekek jelentős hányada, a feladatok megválaszolása során nem próbálja meg elképzelni, lejátszani a feladathoz kapcsolódó szituációt. Főleg a nagy arányban a súlyokat nehéznek jelölő osztályokban tapasztaltam, hogy a feladat kiindulási helyzetét, vagyis hogy a jég a súlyokkal kiegyensúlyozásra került a mérlegen, sokan figyelmen kívül hagyták, amikor döntöttek a helyes válasz megjelölésében. Amikor a tisztázó beszélgetésen „eljátszottuk” a feladatot, teljesen más arányban jósolták meg a mérleg helyzetét a jég elolvadása után. Ez a mozzanat a feladatok, problémák megoldási stratégiája tanításának fontosságára hívta fel a figyelmemet.

A másik fontos tapasztalat az volt, hogy bármilyen közel is voltak időben az írásos válaszok és a szóbeli tisztázó megbeszélések, számos kérdés esetében a legtöbb gyerek már nem tudta felidézni azokat az indokokat, amelyek alapján korábban döntött a válaszok megadásában. Ez a mozzanat indokolná, hogy a válaszok megadása után azonnal sor kerüljön a kapcsolódó megbeszélésekre, hiszen ekkor sokkal nagyobb valószínűséggel hozhatjuk felszínre a válaszok hátterében húzódó elméleteket.

A sűrűség, térfogat, tömeg, szilárdság, halmazállapot fogalmak differenciálatlanságának további összefüggéseinek próbáltam meg utána járni, amikor arra kérdeztem rá, hogy 1 kg tömegű víz, vagy jég nehezebb-e. Az egy évfolyamban feltett kérdésre, a válaszolók 75%-a az egyenlőséget választotta, és az ezt követő megbeszélésen sem sikerült közelebb jutnom a tanulói gondolkodás mélyebb rétegeihez, így a továbbiakban ezzel a feladattal nem foglalkoztam.

A tömeg és a térfogat fogalmainak együttes alakulásáról érdeklődő másik kérdés azonos tömegű toll és kő összehasonlítását kérte a gyerekektől. Mint az az alábbi táblázatból is látható, a megkérdezett gyerekek 41%-a a követ tartja nehezebbnek.

9. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a „Melyik nehezebb, az 1kg tömegű kő, vagy toll?” kérdésnél

	Válaszolók száma	Válaszok aránya (%)
Értelmezhetetlen	11	2,4
A kő a nehezebb	188	41
A toll a nehezebb	24	5,2
Egyenlő tömegűek	236	51,4
Összesen	459	100

Érdekes az eredmény, ha megvizsgáljuk, hogyan változik erre a kérdésre az egyes opciók szerint válaszolók aránya a tanulásban való előrehaladással. Míg gyakran azzal szembesülünk, hogy a legtöbbször nem mutatkozik jelentős változás bizonyos gyermeki elképzelések alakulásában (például a mozgások esetében), most azt mondhatjuk, hogy a térfogat, a tömeg és a sűrűség fogalmai, valószínűleg a tanítási folyamatnak is közzönhetők, egyre jobban differenciálódnak.

10. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a „Melyik a nehezebb az egyenlő tömegű kő vagy toll?” kérdésnél, életkorok szerint

	Értelmezhetetlen		Kő		Toll		Egyenlő	
	N	%	N	%	N	%	N	%
5. oszt. 10-11 éves	9	3,4%	122	46,2%	7	2,7%	126	47,7%
6. oszt. 11-12 éves	1	0,7%	60	40,8%	4	2,7%	82	55,8%
7. oszt. 12-13 éves	1	2,1%	6	12,5%	13	27,1%	28	58,3%

A feladatok megválaszolása utáni tanítási szakaszban a megírás során felmerült legfontosabb problémákat megbeszéltük a gyerekekkel, így sor kerül az előző kérdés megvitatására is. A következőkben ismertetendő eredmények az órákon megfigyelőként résztvevő IV. éves fizika szakos hallgatók jegyzetei alapján készültek. A tesztben helyesen válaszoló gyerekek a következőképpen magyaráznak a többieknek:

- Hát nem vettétek észre a kérdésben 1 kg toll és ugyanannyi, vagyis pontosan 1 kg kő szerepel? Ezek természetesen egyforma nehezek!

Az ellentábor nem győzi meg ez az érvelés (a feladatot ők is elolvasták) és a következőképpen válaszolnak:

- De hát hogyan lehetnének egyenlők, képzeljétek már magatok elé 1 kg tollat, ez akkora lehet, mint egy nagyobb párna, és ehhez képest az 1 kg kő nagyon kis helyet foglal el. Hogyan lehetnének egyenlők?

Különösen érdekes volt számomra, hogy amíg a tudományos elképzelésnek megfelelően érvelő fél használta az egyenlő mennyiségek jellemzésére a „nehéz” kifejezést, addig a másik tábor nem nevezi meg, hogy milyen mennyiségeket vizsgál. A magyarázatból érződik, hogy a „milyen nehéz” kérdésre ezekben a gyerekekben a „mekkora helyet foglal el” kép hívódik elő, és a válasz megadásában még egy fordított arányosság-féle sem zavarja meg őket (minél kisebb, annál nehezebb). A válaszok mögött szinte tapintható a formálódó sűrűség-fogalom.

A fogalmi fejlődés összetettségére, érdekessége utal, hogy a legtöbb vizsgált osztályban, a beszélgetések során, a tesztben eredetileg helyesen válaszoló gyerekek közül sokan elbizonytalanodtak, amikor a másik fél érvelésére megjelenik képzeletükben a nagy helyet elfoglaló toll, és a kisebb térfogatú kő. Ebből arra következtethetünk, hogy sokan még éppen hogy túljutottak a fogalmi differenciálódás e szakaszán, és ha az ellentábor érvelői között az osztályban egyébként tekintélyes személyek is vannak, könnyen visszatérnek korábbi vélekedésükhöz.

Természetesen a vizsgált esetek száma alapján nem állíthatom, hogy ez a fogalomalkotási - differenciálódási folyamat tipikus lenne, de számos, idősebb korosztályban felmerülő probléma alapján valószínűsíthető, hogy a térfogat, a tömeg és a sűrűség fogalmak alakulása még az általános iskolás korszak végére sem zárul le a gyerekek egy eléggé jelentős részénél. Ha végiggondoljuk, hogy ezek a fogalmak mennyi természettudományos és gyakorlati ismeret alapjait képezik, nem csodálhatjuk, ha a gyerekek jelentős részének okoznak gondot a kémiai számítások, vagy a hidrosztatika törvényei, hogy csak a két témát ragadjam ki a kínáló lehetőségek közül.

Az előbb elemzett mennyiségek közül a térfogat és a sűrűség mennyiségét a szakrendszerű fizikatanítás számára készített tankönyvek már kialakították, vagyis a

tudományos elméletnek megfelelően működő fogalmaknak tekintik. Vizsgálataim azt mutatják, hogy ez a folyamat a legtöbb tanulócsoport esetében még nem történt meg, így nagy figyelmet kell fordítani ezeknek a kérdéseknek a tisztázására is, hiszen olyan alapfogalmakról van szó, amelyek nélkül semelyik természettudományos tantárgy tanítása nem lehet eredményes. Valószínűsíthető, hogy e fogalmak kialakulatlansága, differenciálatlansága nagyban hozzájárul a fizika tanulás-tanítás problémáihoz

7. 1.2. Hő és hőmérséklet a gyermeki gondolkodásban

A hőmérséklet és a hő fogalmának differenciálatlanságára számos kutató hívta fel a figyelmet (Erickson és Tiberghien, 1985; Wiser, 1995; Carlton, 2000; Shayer és Wylam, 2006). A fogalom alakulás kezdetén a gyerekek még nem tesznek különbséget a hőmérséklet (kiegyenlítődő) és a hő (összeadóó) mennyiségei között. Az gyerekek e tudásterülettel kapcsolatos elméleteinek felszínre hozásához a következőfeladat megválaszolására kértém őket:

Egy pohárban 1 liter 30 °C-os, egy másik pohárban ugyancsak 1 liter, de 60 °C-os víz van. Mekkora lesz a hőmérséklete a víznek, ha összeöntjük őket egy nagyobb edényben?

A kérdést a szakrendszerű fizika tanítás előtt, és az anyagszerkezeti témakör megtanítása után is feltettem. Az alábbi táblázatban a kérdésre adott tanulói válaszok megoszlása látható. (A táblázatban szürke háttérrel kiemelt oszlop jelzi a tudományos elméletnek megfelelő választ.)

11. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a közös hőmérséklet kialakulásával kapcsolatos kérdés esetében

	30°és 60°-os víz összeöntése után kialakuló közös hőmérséklet															
	Értelmezhetlen		90°C		45°C		30°C		50°C		60°C		40°C		70°C	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
6. osztály 11-12 éves	3	2,0	56	37,8	34	23,0	28	18,9	11	7,4	11	7,4	3	2,0	21,4%	
7. osztály 12-13 éves	2	3,8	6	11,3	29	54,7	11	20,8	1	1,9	2	3,8	2	3,8		

Az adatokból látható, hogy a kutatásba bevont osztályok esetében, a fizika tanításnak megkezdésekor már megindult a két fogalom szétválása, de ez a differenciálódás még kevesebb, mint a tanulók egynegyedénél zajlott le. A 11-12 éves fizika tanulás előtt álló gyerekek válaszaiban még domináns a hőmérséklet összeadóó mennyiségként való kezelése, s ezzel a hő és hőmérséklet fogalmak differenciálatlansága. Ha azt is figyelembe vesszük, hogy kérdés során egy alapvetően egyszerűen ellenőrizhető, és valószínűleg a legtöbb gyerek által többször is átélt szituáció jelenik meg, a helyzet még érdekesebb. Felmerülhet ugyanis az a kérdés, hogy a természettudományos oktatás során oly fontos szerepet játszó kísérletek és megfigyelések hogyan járulnak hozzá a tanulói elképzelések alakulásához. A hétköznapi életben nyilván minden 10-11 éves gyerek tapasztalata már, hogy a túl meleg fürdővíz hőmérsékletét hideg víz hozzáadásával lehet kellemesebbé tenni. Ez a napi tapasztalat ellentmond annak, hogy a feladatban szereplő hőmérsékletek összeadóódnak. A tapasztalat, ha mégoly sokszor is találkozik vele az ember, nem feltétlenül tereli a választ a tudományos igényű magyarázat felé. A feladat megbeszélésekor a hőmérsékletet összeadóó mennyiségként értelmező gyerekek általában nehezen értették meg, hogy mi is a probléma a válaszukkal. Akármilyen kevesen is voltak azonban egy osztályban azok a gyerekek, akik már a tudományos elméletnek megfelelően válaszoltak a kérdésre, a megbeszélések során sziklaszilárdan tartották magukat előzetes

álláspontjukhoz. E kérdés megbeszélésekor soha nem tapasztaltam elbizonytalanodásukat (mint a tömeg, térfogat, sűrűség fogalmak esetében), inkább egyre hevesebben és türelmetlenebbül érveltek igazuk mellett. Számos a hétköznapi életből származó gyakorlati példát hoztak fel arra, hogy a hőmérséklet kiegyenlítődik és nem összeadódik.

Mivel az anyagról kialakítandó részecskemodellben fontos szerepet kap a hőmérséklet értelmezése, a tervezéskor tudnunk kell, milyen előzetes tudással rendelkeznek a gyerekek e területtel kapcsolatban. A fizikatanulás alapozó szakaszában elvégeztük a mérést, csoportban és frontálisan is elemeztük a folyamatot. A tisztázást az nehezíti, hogy a két mennyiség szétválasztásához szükség van az energia fogalomra, és ekkor csak egy intuitív energia-fogalommal számolhatunk, amely szintén számos értelmezési problémát hordoz magában. Ennek ellenére a 11. táblázat adataiból látható, hogy a hőmérséklet fogalom tudományos igényű értelmezésében egy éves munka után kimutatható az iskolai tanítás eredményessége.

Mint azt az anyag részecskékből való felépíttességéről szóló részben később bemutatam, a gázok anyagként való értelmezésében a hőmérséklet kulcsszerepet játszik, hiszen a legtöbb gyerek a hőmérsékletet tarja a levegő egyetlen mérhető tulajdonágának. E jelenségek elemzésekor azzal szembesülhetünk, hogy a fizika egyes területein kialakuló sajátos, a tudományos értelmezéssel össze nem egyeztethető mentális modellek megnehezítik egy másik területen elérni kívánt konceptuális váltást.

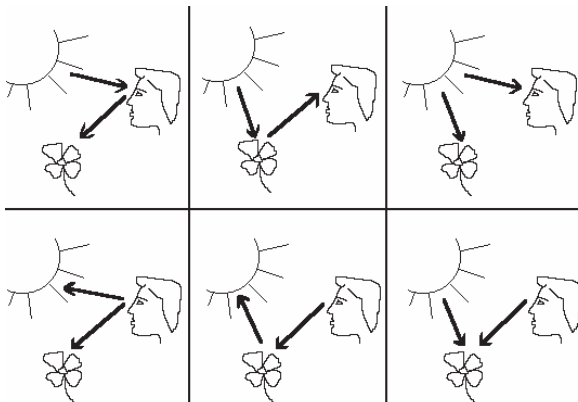
7.1.3. A fény

A fénnel kapcsolatos tanulói elképzelések vizsgálatára azért került sor ebben az alapozó szakaszban, mert a fény központi szerepet játszik számos fontos természeti folyamatban. A fizika tanítása során számos fejezetben használjuk a fénnel kapcsolatos tanulói elképzeléseket (energiaátváltások, energiatípusok, kölcsönhatások, stb.), mielőtt a fény természetével kapcsolatos tanulási szakaszra sor kerülne. Így fontos, hogy tisztában legyünk azzal, hogyan vélekednek a gyerekek erről a kérdéssről. Ráadásul a szakirodalomból tudható, hogy milyen sok sajátos érelemezés kapcsolódik ehhez a területhez (Guesne, 1985; Driver, és mts., 1995; Nahalka, 2002a.). Természetesen a biológia és a földrajz tantárgyak tanítása szempontjából is alapvetően fontos, hogy feltárjuk az ezzel kapcsolatos elképzeléseket, hiszen ezek tisztázásával és a tudományos elképzelésekhez közelítő értelmezési keretek kialakításával elejét vehetjük a természettudományok több területén a súlyos értelmezési zavarok kialakulásának, vagy elmélyülésének.

A vizsgálat során a szakirodalomból ismert feladatra adott válaszokból indultunk ki. A fénnel kapcsolatos elképzelések vizsgálata a következő feladat segítségével történt.

12. ábra: A fénnyel kapcsolatos tanulói elképzelések vizsgálatára használt feladat

Jelöld meg a következő ábrák közül azt, amelyik szerinted helyesen ábrázolja, ahogyan a tárgyakat látjuk! A nyílak a fényt jelképezik.



Ismét megpróbáltam a kérdést többféle módon is megfogalmazni. Kezdetben feltettem például úgy, hogy csak egyszer rajzoltuk fel a folyamat három résztvevőjét (nap, szem, virág), és egyáltalán nem szerepelt az ábrán semmilyen jelölés a fény terjedésének lehetséges módjairól. Azt tapasztaltam azonban, hogy így sem születtek más jellegű rajzok, mint a kérdés fenti, feleletválasztós megfogalmazása során. Mivel a feladat amúgy is csak egy beszélgetésnek a kiindulási alpjául szolgált, a későbbiekben megmaradtam a gyorsabban megválaszolható változat mellett.

A következő táblázatban olyan osztályok válaszainak arányát is bemutatom, amelyek még a szakrendszerű fizika tanulás előtt álltak a vizsgálat idején, illetve amelyeket a didaktikai kísérletbe nem vontam be. Ami nagyon feltűnő, és egyben elgondolkodtató, hogy a gyerekek válaszai nagyon szórnak a lehetséges alternatívák között. Nagy arányban jelen vannak a látás „látósugaras” elméletére utaló alternatívák. Ezen elmélet szerint a szemből kiinduló „sugarak” mintegy letapogatják a környezet tárgyait, s így alkotnak képet azokról.

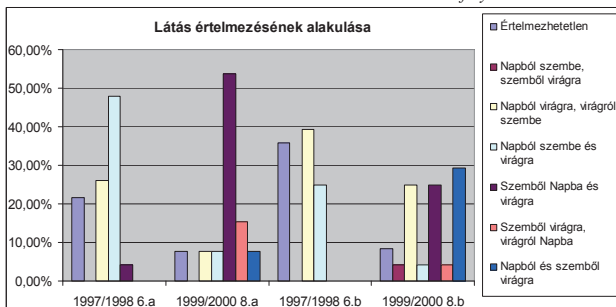
Feltűnő, hogy szokatlanul magas a kérdésre adott értelmezhetetlen válaszok aránya, főleg két hatodik osztály esetében. Ez azt jelzi, hogy a gyerekek nem tudtak megbirkózni a feladat értelmezésével, vagy többféle lehetséges megoldást is választottak. Mint ahogyan az a gyerekekkel való beszélgetésekből kiderült, ezekben az osztályokban korábban nem beszélgettek még a fényről, bár a biológia és a földrajz tantárgyak tanítása során sokszor volt szó a napsugárzás hatásáról. A tanítás szokásos stratégiája ezzel kapcsolatban az, hogy feltételezi, a gyerekek jól értelmezik a fényt, és tudásuk alkalmas a korszerű természettudományos ismeretek elsajátítására. A helyzet tapasztalataink alapján nem ez. Érdemes elgondolkodni azon, hogy milyen kép formálódhat annak a gyerekeknek a fejében, aki földrajzból megtanulja, hogy a Nap felmelegíti a felszínt, vagy biológia órán megtanulja a fotoszintézis folyamatának leírását, ezzel egyidejűleg a fény természetéről olyan képet hordoz, amely alapján a fény energia-jellege nehezen, vagy alig értelmezhető.

13. táblázat: A látással kapcsolatos kérdésre adott válaszok megoszlása

	Értelmezhetet- len	Hogyan látjuk a tárgyakat?					Napból és szemből virágra
		Napból szembe, szemből virágra	Napból virágra, virágról szembe	Napból szembe és virágra	Szemből Napba és virágra	Szemből virágra, virágról Napba	
	%	%	%	%	%	%	%
1997/1998 6.a	21,7%		26,1%	47,8%	4,3%		
1997/1998 6.b	35,7%		39,3%	25,0%			
1998/1999 6.a		9,5%	28,6%	33,3%	28,6%		
1998/1999 6.b		23,1%	26,9%	23,1%	26,9%		
1999/2000 6.a	7,7%	26,9%	11,5%	3,8%	38,5%	11,5%	
1999/2000 6.b	4,3%	13,0%	30,4%	8,7%	4,3%	39,1%	
1999/2000 8.a	7,7%		7,7%	7,7%	53,8%	15,4%	7,7%
1999/2000 8.b	8,3%	4,2%	25,0%	4,2%	25,0%	4,2%	29,2%
2000/2001 6.a		3,8%	42,3%	30,8%	3,8%	3,8%	15,4%
2000/2001 6.b		4,0%	8,0%	40,0%	20,0%	8,0%	20,0%
2001/2002. 5.a		3,8%	23,1%	34,6%	23,1%		15,4%
2001/2002. 5.b		16,7%	12,5%	33,3%	8,3%		29,2%
2001/2002 6.a	4,0%	12,0%	24,0%	28,0%	16,0%	4,0%	12,0%
2001/2002 6.b		20,0%	15,0%	30,0%	15,0%		20,0%
2001/2002 6.c		11,5%	34,6%	34,6%	7,7%		11,5%
2005/2006 7.a		14,3%	19,0%	19,0%	9,5%		38,1%
2005/2006 7.b		4,8%	28,6%	19,0%	4,8%	4,8%	38,1%
2005/2006 7.fz		20,0%		40,0%			40,0%

Elgondolkodtató eredményre jutunk, ha összehasonlítjuk a korábban említett két, a didaktikai kísérletbe be nem vont osztály különböző időpontban adott válaszainak alakulását. A hatodikosoknál a tanév elején, a nyolcadikosnál pedig a tanév végén került sor a kérdések megválaszolására. A 14. grafikonon is jól látható, hogy a fizika tanításának kezdetén, mindkét osztályban a gyerekek jelentős hányada válaszol a kérdésre a tudományos elképzelésnek megfelelő módon. A helyzet a nyolcadik osztály végére, vagyis a szakrendszerű fizikatanítás utáni időszakra drámaian megváltozik, mégpedig mindkét osztályban jelentősen visszaesik a tudományos modellnek megfelelően válaszolók aránya. Ezzel egyidejűleg jelentősen visszaesik azoknak a gyerekeknek az aránya is, akik a kérdésre „értelmezhetetlen” választ adnak, vagyis egyszerre két vagy több utat is megjelölnek. Eldöntik tehát, hogy szerintük hogyan „működik” a fény, és a döntést a tanításnak nem sikerül a tudományos igényű elmélet felé irányítani. Ilyen jelenséggel nem először találkoztam munkánk során, sajnos más fizikai fogalmak alakulásakor (például a mozgások témakörében) is felfigyeltem arra, hogy a tanítási folyamat eredményeként a gyerekekben a tudományostól eltérő értelmezések erősödnek meg.

14. ábra: A látás értelmezésének változása a tanítási folyamatban



A fenti eredmények értelmezéséhez az is hozzátartozik, hogy a vizsgálat idején a fénnyel csak a hatodik osztály elején foglalkoztak a gyerekek az akkori tanterv szerint. Természetesen a fény a fizika és a többi természettudomány tanulmányozása során sokszor előtérbe került, de úgy tűnik az alapozásra nem jutott elegendő figyelem. Eredményként a gyerekekben meglévő magyarázó elméletek közül nem a tudományos igényű erősödött meg.

A későbbi osztályokban a tanítási folyamatban arra összpontosítottam, hogy a gyerekekben meglévő tudományos elméletek vegyék át a magyarázó elmélet szerepét. A tanulás során a vizsgálófeladat által kínált utat választottuk. Miután a gyerekek eldöntötték, hogy a feladat által felkínált alternatívák közül melyiket gondolják megfelelőnek, elkezdtük a feladat megbeszélését. A táblára már korábban felrajzoltunk egy virágot, napot és szemet. A kibontakozó vita legelején az egyik gyerek azonnal azt javasolta, hogy próbáljuk ki, hogyan látjuk a tárgyakat. Szerencsére a teremben be lehet sötétíteni, így mikor minden sötétbe borult, a virág rajzát senki sem látta. Ekkor az egyik ablaktáblán lévő kis nyíláson átszűrődő fénysugár segítségével nagyon jól lehetett érzékeltetni, hogy ahová a fénysugár esik, azt látjuk, amit nem világít meg, azt viszont nem. Mivel a teremben lévő eszközök jól látható módon, üveges szekrényben voltak, az egyik gyerek azonnal kivett egy tükröt, és elkezdődött a játék a fénnyel. Ehhez már csak azzal kellett hozzásegíteni, hogy táblatőről szivacsra ütve láthatóvá tettem az ide-oda verődő fénysugarat. Ilyen, vagy ehhez hasonló kísérletet nyilván sok más situációban is végeznek az iskolákban a tanulók, illetve a tanárok. Itt azonban olyan helyzetet sikerült teremteni, hogy a gyerekeket érdekelte a feladat megoldása, maguk javasoltak és próbáltak ki különböző lehetőségeket. Ahogyan egyre többen értették meg, hogy a fény először a tárgyakat világítja meg, s az onnan visszaverődő fénysugár jut a szembe, úgy egyre több különböző egyéni bizonyítékot mondtak el ennek alátámasztására. Többen elmondták, hogy mennyire nem jó, ha az ember belenéz egy fényforrásba, akár a nap akár egy villanylámpa fényéről van szó. Amikor itt tartottunk, az egyik gyerek meg is jegyezte, hogy lehetett olyan „buta” hogy ezt a választ jelölte be, hiszen tudja, hogy nem szabad közvetlenül a napba nézni. Említésre méltó, hogy amikor e sikeres megbeszélésen felbátorodva a párhuzamos osztályban is ezt a módszert próbáltam meg alkalmazni, ott már sokkal kevesebb eredményt értem el. Feltehetőleg azért, mert a korábbi megbeszélés minden sikeres elemét szerettem volna bemutatni. A gyerekek számára ezek nem voltak fontosak, így kevésbé érezték magukénak a megbeszélést. Ez a tapasztalat is azt támasztja alá, hogy amelyik feldolgozási mód az egyik helyzetben működik, az nem biztos, hogy más situációban is célra vezet.

Tanulási folyamat az alapozó szakaszban

Az általános iskolai programok szerint a természettudományos tanulmányok megkezdéséhez szükséges alapfogalmak alakítása a szaktárgyak belépése előtti időszakban zajlik. A kutatás kezdetén nem gondoltam arra, hogy a szakrendszerű fizikatánítás megkezdése előtt be kell iktatnunk egy alapozó tanegységet, csökkentve ezzel a tantervben előírt témák feldolgozására fordítható időt. Ahogyan azonban az a korábban bemutatott kérdésekkel kapcsolatos tanulói válaszok elemzéséből látszik, ez a lépés szükségessé vált.

A tanulási folyamatot az előbbieken bemutatott eredmények figyelembe vételével terveztem meg. Ez az első, alapozó tanulási egység minden osztályban más-más időt igényelt, hiszen mint azt láttuk, az egyes osztályok között nagyon lényeges különbségek voltak.

Mivel a munka valóságos osztályközösségekben folyt, azt is figyelembe kellett vennem, hogy az egyes osztályok belső viszonyai, tanulásszervezési módokkal kapcsolatos előzetes tudása milyen. Mint azt korábban kifejtettem, a tanítási szakasz egyik legfontosabb mozzanata a gyerekek gondolkodásának folyamatos nyomon követése és szükség esetén a megfelelő tanári beavatkozás. Ehhez legtöbbször azt a módszert alkalmaztam, hogy alkalmasan megválasztott probléma megoldásán csoportokban dolgoztak a gyerekek. A csoportmunka során zajló megbeszélések megfigyelése szolgáltatta a legtöbb információt a gyerekek értelmezési folyamatairól. Éppen ezért a tanulási szakasz megtervezésekor nem volt elegendő pusztán a gyerekek előzetes tudásának megismerése. Azt is figyelembe kellett vennem, hogy milyen az osztály állapota, vagyis melyek a szociális tanulás legfontosabb keretei. Ez a tényező nyilván iskolánként más és más, de elmondható, hogy még egy többé-kevésbé egységes pedagógiai elveknek megfelelően működő iskolában is jelentős különbségek lehetnek az egyes osztályok között. Ezt a kérdést nem tárgyalom részletesen e dolgozat keretei között, csak azt az eredmény mutatom be a következő táblázatban, amelyre a különböző osztályok viszonyainak elemzésekor jutottam. Ezeknek a szempontoknak az alapján történt meg a csoportok szervezése. A következő táblázat a tömeg, térfogat, sűrűség, anyagmegmaradás témaköreinek feldolgozásával kapcsolatos példákat tartalmaz, de általános csoportalakítási stratégiát foglal össze.

15. táblázat: Csoportalakítási stratégiákat bemutató táblázat a tömeg-térfogat-sűrűség-anyag megmaradás témakörének tanításához

	A gyerekeknek több mint a fele nem a tudományos elméletnek megfelelően válaszol.	A gyerekeknek körülbelül a fele a tudományos elméletnek megfelelően válaszol	A gyerekeknek több mint a fele a tudományos elméletnek megfelelően válaszol
Nem ismerik az együttműködésen alapuló munkaformákat. (A fizika tantárgy tanítása során kellett azokat a módszereket megismertetni a gyerekekkel, amelyeknek a használata a tanulási folyamat eredményessége szempontjából elengedhetetlen.)	Minden osztályban egyedi módszert alkalmaztam. Kisebb lépésekben megtanultuk az együttműködésen alapuló módszerek alkalmazásának elemei szabályait, megadtam a tudományos magyarázatot, és ennek alkalmazása volt a csoportok feladata.	2001/2002 6. b. a gyerekeket legtöbbször az előzetes tudás állapota szerinti heterogén csoportokba szerveztem.	2004/2005 5.b Itt szimpátia csoportokkal dolgoztunk.
Jól dolgoznak csoportokban. (Alkalmazkodtam a csoportmunkával kapcsolatosan az osztályokban kialakult szokásrendhez.)	2000/2001 6.a és 2001/2002 6.a : az előzetes tudás állapota alapján heterogén csoportokban dolgoztunk.	2001/2002 5.a és 5.b Alkalmazkodtunk a csoportmunkával kapcsolatosan az osztályokban kialakult szokásrendhez.	2001/2002 6.c Alkalmazkodtunk a csoportmunkával kapcsolatosan az osztályokban kialakult szokásrendhez.
Nem szívesen nyilvánulnak meg egymás előtt. (Minden osztály esetében sajátos stratégiát alkalmaztunk.)	2000/2001 6.b Szimpátia csoportokban dolgoztunk, az együttműködés aktuális szabályait mindig írásban rögzítettük.	Nem volt ilyen osztály ebben a témakörben.	1997/1998 7.b Szimpátia csoportok alakítását javasoltam, de lehetőséget adtunk az egyéni munkára. Hagytuk, hogy az együttműködéssel kapcsolatban előítéletes tanulók saját állapotuknak megfelelően csatlakozzanak a már működő csoportokhoz.

Tapasztalatom alapján egy-egy téma eredményes feldolgozása szempontjából kritikus értéket jelent az, ha az adott osztályban legalább a gyerekek fele birtokolja a tudományos elképzelést, és annak felhasználásával oldja meg a problémákat. A helyzetet mindig árnyalja, hogy a tudományos képet birtokló diákok az adott osztályban milyen szerepet töltenek be, vagyis közvéleményformáló-e az ő álláspontjuk, vagy pedig nem. Minden osztályban azt tapasztaltam, hogy ha az osztály által elfogadott „tekintély” álláspontja felszínre kerül, akkor az az adott órán a többiek vélekedéseit is nagymértékben befolyásolta. Megpróbáltam erre a munka során mindig figyelemmel lenni, és igyekeztem a helyzetet a tanulási folyamat eredményesebbé tétele érdekében felhasználni.

Az alapozó téma tanítása során, a közös megbeszélést követően a következő feladatokat kapták a gyerekek:

- Különböző anyagokból mérjétek ki azonos térfogatú mennyiségeket!
- Különböző anyagokból mérjétek ki egyforma tömegű mennyiségeket!

A feladatokkal az volt a célom, hogy a megbeszéléseken tisztázott fogalmak tartalmáról a csoportokban folyó munka során további információkat kapjak, és ahol szükséges további magyarázatokat, tisztázó beszélgetéseket szervezhessünk. Mindkét feladat esetében előre meg kellett jósolniuk a csoportoknak, hogyan fog alakulni a másik, nem mért mennyiség, vagyis térfogat esetében a tömeg, a tömeg esetében a térfogat. A csoportokban konszenzusra kellett jutni az előrejelzés tekintetében. Ez volt az a beszélgetés, amelynek elemei alapján következtettem a gondolkodás formálódására. Volt olyan osztály, ahol mindkét feladatot elvégezték a gyerekek, volt, ahol egyidejűleg az egyik vagy a másik feladattal dolgoztak különböző csoportok, és olyan is volt, hogy csak a térfogatomérést oldották meg a gyerekek. A munka során a csoportok méréssel ellenőrizték a tömeggel kapcsolatos „jóslataikat”. Ennek a feladatnak a megoldása során már nem kerültek felszínre újabb értelmezési problémák, a legtöbb esetben sikerült eredményesen megoldaniuk a feladatot. Gondot inkább a pontos mérések elvégzése és a mérőeszközökkel való megfelelő bánásmód alkalmazása jelentett, ebben is nagy különbségek voltak az egyes osztályok között.

A fényvel kapcsolatos fejlesztési feladatokat nem a bevezető szakaszban, hanem a későbbi témák részeként szerveztem meg.

Miután ebben a tanulási egységben alapfogalmak tisztázásáról volt szó, itt elhagytam a diagnózist és a differenciált tanulási szakaszt, hiszen ez a tevékenység a fizika tanulásának bevezetését szolgálta, s teljes egészében, beleértve a tartalmát is, a gyerekek értelmezési problémáira reflektálva terveződött meg. Ennek a tanulási egységnek a tervezésénél semmilyen az adott tanév munkáját befolyásoló tantervi tartalmat nem kellett figyelembe vennem. A legtöbb mennyiség, fogalom, tevékenység a későbbi fizika tanulmányok során ismét felszínre került, ekkor láthattam ennek a szakasznak az eredményességét.

Ennek az egységnek a legfontosabb üzenete az, hogy nem kezdhető meg a fizika tanítása a nélkül, hogy alapvető, a tanuláshoz szükséges tudásterületek állapotát ne vizsgálánánk, és ha szükséges ne foglalkoznánk az alapfogalmakkal kapcsolatos tanulói elképzelések formálásával. Ennek a tanulási egységnek az elhagyása szinte előre kódolja a természettudományok, de főleg a fizika és kémia tanulásának kudarcait.

7.2. Mozgások

7.2.1. Legfontosabb gyermeki értelmezések a mozgásokkal kapcsolatban

A mozgás a környezetben tapasztalható egyik legszembevetőbb változás. Nyilván genetikai okai vannak annak, hogy a legkisebb mozgásokat is könnyedén észrevesszük, nemcsak a látott kép, de a mozgásokat gyakran kísérő hangjelenségek és egyéb változások is információkat juttatnak el agyunkba. Miért is van ennek olyan nagy jelentősége a mozgásokkal kapcsolatos elméletek (pontosabban a newtoni mozgáselmélet) tanítása során? A következőkben tekintsük át röviden az okokat.

A mozgás észlelésével kapcsolatban bizonyos öröklött mintákkal is rendelkezünk, velünk születik például a mozgás folytonosságának tételezése, erre alapozva tájékozódunk a környezet változásai között (Kellmann és mts., 1986; Spelke, 1990). A mozgások tanulása során rengeteg implicit tudásra teszünk szert, megtanuljuk például megbecsülni mozgó tárgyak sebességét, tudjuk, hogy mikor kell fékezni, hogyan kell kanyarodni, hogyan kell gyorsítani, ezen alapszik például az, ahogy labdajátékokat játszunk. Ezt azt jelenti, hogy a mindennapi életben számtalanszor lép működésbe a mozgásokkal kapcsolatos eseményeket előrejelző tudásterületünk, leggyakrabban úgy, hogy nem is jut a tudatunkig, hogy milyen tevékenységet végzünk.

A szakirodalomból, a kutatások eredményei alapján tudjuk, amit saját tapasztalataim is alátámasztanak, hogy a téma tanítását megelőzően a gyerekek elég jelentős része arisztotelészi mozgásképpel rendelkezik (Gunstone és Watts, 1985; Korom, 1997). Az a kép, amit a gyerekek a mozgásokról hordoznak magukban, egyértelműen jellemezhető az arisztotelészi elképzelésekkel, azonban a tanítás folyamatában nem egyszerűsíthető le, hiszen ahány gyerek annyi különböző világ, így a mozgásokról kialakított elképzelések is kisebb, nagyobb mértékben eltérnek egymástól. Bizonyos kontextusokban sokaknál megkezdődik egy newtonihoz hasonló világgép kiépülése is, azonban ez elszigetelt marad, jobbra csak a súrlódással kapcsolatos jelenségkörben találhatunk nyomaira.

Ezzel egyidejűleg a mozgások okának magyarázatára, gyakran könnyen szavakba önthető módon, vagyis már explicit tudáselemként fogalmazódnak meg az arisztotelészi mozgáselmélet állításai. Ez az az elmélet, amely a tapasztalati világban többnyire jól alkalmazható a jelenségek magyarázatára, releváns tudást jelent tehát, és így megerősödik. Annál is inkább ez a helyzet, mert az iskolai, szervezett tanulási folyamatok nagyon későn érintik ezt a területet, csak sokára kerül sor arra, hogy ezen a fontos területen a lehetséges rivális elméletet is megismerhessék a gyerekek. A fizikatanítás először 13 éves korban foglalkozik a témával. E téma tanításánál nem csak arról van szó, hogy a gyerekek előzetes tudása más, mint a tudományos elképzelés, de arról is, hogy ez az előzetes tudás a legtöbb tanulónál már határozott elméletté szerveződik. A mindennapi életben folytonosan vizsgálják az arisztotelészi elmélet, s számtalan helyzetben nyer megerősítést a nélkül, hogy másik lehetséges magyarázat is elhangozna. Mire a tanítási akció eléri ezt a tudásterületet, a legtöbb tanuló esetében már csak arra képes, hogy olyan tudást hozzon létre, amely elegendő lehet ugyan a dolgozatok helyes elkészítésére, de nem tudja befolyásolni a mélyebb tudásrendszereket.

A mozgások newtoni elméletével kapcsolatos ismeretek elemei nem, vagy csak elvétve szerepelnek az általános iskolákban az 1-6 évfolyamokon jelenleg érvényes természettudományos tantervekben. A jelenlegi helyzetben a fizika tantárgy veti fel először azt a kérdést, hogy miért és hogyan mozognak a testek. A „központi” kerettanterv szerinti tanítás a 7. évfolyam számára írja elő a témával való ismerkedést.

Amikor foglalkozni kezdtem e tudásterület alakításával, már támaszkodhattam a mozgásállapot-változás jelenségének ismeretére, amellyel előbb a hatodikos fizika, később

a természetismeret tantárgy foglalkozott. Ez a legtöbb gyerek számára azt jelenti, hogy akkor beszélhetünk mozgásállapot-változásról, ha egy mozgó testnek változik a sebessége, vagy megváltozik a mozgásának az iránya. A gyerekek a sebesség, gyorsaság fogalmakat egymás alternatívájaként használják. Elkülönült jelentéssel bír számukra a gyorsulás-lassulás fogalompár, amelyeknek a tartalma megfelel a tanítani kívánt fogalmaknak.

Van egy kezdetleges erő-fogalom, amely valamilyen szinten kötődik a testek mozgásállapotához, vagy annak megváltozásához, de e fogalom inkább egy differenciálatlan fogalom-együttes „fedőneve”. Mint látni fogjuk a mozgások jellemezésére legtöbbször inkább a lendület elő-fogalmát az impetust használják. Már itt megjelenik a newtoni és az arisztotelészi elmélet versengése, amely a téma tanulása során végig meghatározó marad.

7.2.2. A gyerekek előzetes tudásával kapcsolatos diagnosztikus vizsgálatok eredményeiről

A témával három hatodik, négy hetedik és hat nyolcadik osztályban foglalkoztam. A diagnosztikus vizsgálatok adatai így mindhárom évfolyam tanulóitól származnak, és lehetőség volt arra is, hogy bizonyos kérdéseket különböző tanulási szituációkban is feltegyek. Arra törekedtem, hogy folyamatosan vizsgáljam, hol tartanak a gyerekek az arisztotelészi elmélet lebontásával, illetve kimutatható-e gondolkodásukban a rivalis elmélet elemeinek megjelenése.

A mozgásokkal kapcsolatos gyermeki elképzelések vizsgálata során kimutatták a mozgás és az élőlények közötti kapcsolatot (Piaget, J. 1929. 194-207 o.). A gyermekek gondolkodásában a mozgás fogalma társul az élő fogalmával. Az élő fogalmának fejlődése és ennek a tudásterületnek a gazdagodása azonban azt eredményezi, hogy az élőlények és a mozgás fogalma viszonylag zökkenőmentesen differenciálódik, általában már 8-9 éves korra. Így eredetileg nem terveztem a mozgások ilyen kapcsolódási lehetőségének vizsgálatát. Azonban a mozgás okainak gyermeki gondolkodásban meglévő magyarázatait vizsgáló kérdésre, az egyik válaszoló maga hozta fel ennek a korábbi elképzelésnek az emléknymát.

16. ábra: Tanulói válasz a „Miért áll meg a labda?” kérdésre

Biztosan megfigyeltél már, hogyha egy labdát elgurítunk, akkor az előbb utóbb megáll. Írd le, hogy szerinted mi az oka a labda megállásának!

A labda nem élő! Érint a mi segítségünkkel nyer lendületet. Egy kis idő után a labda káll, mert saját magának nincs ereje.

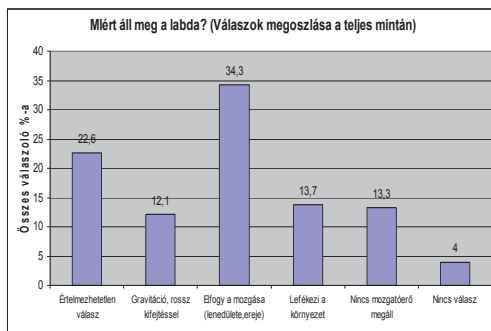
A tanuló a válasz elején, mintegy saját magának bizonyítja, hogy hol nem kell keresnie a jelenség magyarázatának okait. Csak miután ezt saját maga számára is rögzítette, akkor adja meg a többi válaszolóhoz hasonló magyarázatát. Ennél a tanulónál valószínűleg komoly emléket hagyott az élő fogalom alakulása során bekövetkezett konceptuális váltás, feltételezhető, hogy e kérdés megválaszolásához időben közeli eseményről van szó. A magyarázatokban már az új elmélet működik (az élő és az mozgás nem feltétlenül függnek össze), de a leváltott elmélet még nagyon is élő, és a gyerek számára fontos, hogy segítse magát az új elmélet alkalmazásában. Mivel munkám során ezzel a jelenséggel a 12-14 éves korosztály esetében szinte alig találkoztam, a kérdéssel nem foglalkoztam részletesen. Előfordulhat azonban, hogy más körülmények között a mozgások értelmezését még az élő fogalomhoz kapcsolódó differenciálódás is nehezíti.

A kérdés vizsgálatát a szakrendszerű fizikatanítást megelőző időszakból felvett adatok segítségével kezdtém. A gyerekeket megkértem arra, fogalmazzák meg, szerintük miért áll meg egy elgurított labda. A gyerekek válaszait tipizálva a következő jellemző megoldások születtek:

- értelmezhetetlen válasz (megismétli az állítást, nem olvasható),
- hivatkozik a gravitációra, de a kifejtés zavaros, hibás,
- elfogy az ereje, mozgása,
- a környezet fékező hatására hivatkozik,
- mozgatóerő hiányában leáll a mozgás.

A témakör tanítására való felkészülés során megvizsgáltam, hogy az egyes válaszok milyen arányban fordulnak elő. A következő grafikon a válaszok kategóriák közötti megoszlását szemlélteti.

17. ábra: A gyerekek válaszainak megoszlása a „Miért áll meg az elgurított labda?” kérdésre



Jól látszik, hogy viszonylag magas az értelmezhetetlen válaszok aránya. Ez a kategória elsősorban olyan válaszokat takar, amelyekben a válaszolók nem adtak új információt a kérdésre, csupán más szavakkal fogalmazták újra a kérdésben szereplő tény, vagyis azt, hogyha elgurítunk egy labdát, az megáll. Amint látható, nem jelentős a kérdésre nem válaszolók aránya, ami azt jelenti, hogy a gyerekek kevés kivétellel megpróbálkoztak a válaszadással, hiszen van érvényes magyarázatuk erre a jelenségre.

A legtöbb válasz az „elfogy a mozgása (ereje)” kategóriába sorolható. Ez azt jelzi, hogy a gyerekek eléggé jelentős hányadánál a mozgásokkal kapcsolatos jelenségek előrejelzésénél nem az erő, hanem a lendület, mint a mozgásokat leíró, zárt rendszerben megmaradó mennyiség, illetve ennek valamilyen előképe szolgál magyarázatként. Ezekben a gyerekekben (akik közül igen sokan magát a „lendület” kifejezést is használják a magyarázatban), a mozgásokkal kapcsolatos képzet alakulása nagyjából úgy történhet, hogy kölcsönhatáskor a testek között mozgásmennyiségek átadását-átvételét feltételezik.

Ezt a feltételezett folyamatot elemezve megtaláltam a fizika fejlődésének azt a szakaszát, amelyben kialakult az az akár tudományosnak is tekinthető fogalom, az impetus, amelyhez hasonló módon fogalom konstruálódhat meg a gyerekekben a mozgás magyarázatok. Mint az a további vizsgálatokból is látszik majd, fontos számukra, hogy ez a mennyiség a mozgás irányát is meghatározza.

A válaszok hátterében az a már említett, kezdetleges impulzus-fogalom állhat, amely a tudománytörténetben Jean Buridan által, az 1300-as években került először megfogalmazásra. Ő impetusnak nevezte a tömeg és a sebesség szorzatával jellemzett és

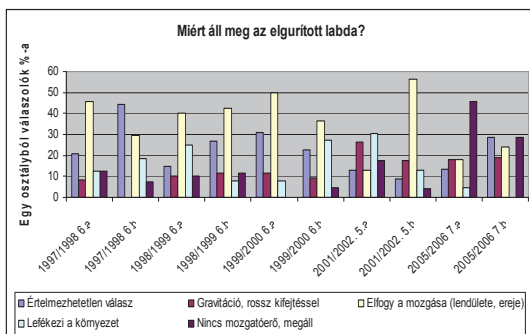
alapvetően megmaradóként értelmezett mennyiséget. Ez a mennyiség vezetett később az impulzus fogalom kialakulásához. Erről a fogalomról a következőképpen gondolkodott:

...mennél nagyobb a sebesség, amellyel a mozgó mozgítja a mozgottat, annál nagyobb az impetus, amelyet közöl vele. ... Ez az impetus az, amellyel a mozgó mozgítja a követ, ha már a kéz megszűnik mozgatni (Simonyi, 1978, 126. o.).

A környezet mozgást befolyásoló hatását is sokan választják, többen, mint a kifejezetten arisztotelészi elméletet működését sejtető „nincs mozgó erő” kategóriát. Legalábbis a vizsgálófeladat által generált kontextusban ez a helyzet.

A tanítás tervezése szempontjából azonban érdemes egy pillantást vetni egy másik grafikonra, amely már az mutatja, hogy a vizsgálatba bevont egyes osztályokban milyen a gyerekek válaszainak megoszlása az egyes kategóriák között.

17. ábra: Az egyes osztályokban született tanulói válaszok megoszlása a „Miért áll meg az elgurított labda?” kérdésre



Ha például a 2001/2002 tanévben felvett adatokat elemezzük, az „a” osztályban nagyon jelentős arányban szerepel a válaszok között a környezet hatása, de ezzel egyidejűleg egy gravitációra hivatkozó homályos, és feltehetőleg nem a tudományosnak megfelelő magyarázat is jelen van. Ebben az osztályban szinte alig jelenik meg a lendület előképét jelző válasz, míg a párhuzamos osztályban a mozgás, mozgásmennyiség elfogyásával való magyarázatot a válaszolók több, mint fele jelöli meg.

Abból a célból, hogy ezt az igen szembeötlő, és a tanítás tervezése szempontjából nagyon fontos különbséget elemezzem, megpróbáltam feltárni a különbségek lehetséges okait. Mivel itt az adatfelvétel az 5. osztályban, méghozzá a tanév elején történt, az okokat az alsó tagozatos előzményekben próbáltam meg felderíteni. A két osztály tanítóival folytatott beszélgetés során azonban semmilyen olyan hatást nem találtam, amely a válaszok megoszlása közötti ilyen szembeötlő különbséget okozhatta volna. Ráadásul a tanítópárok³ a tanulási folyamat során mindvégig egyeztettek, rendszeresek voltak a szakmai megbeszélések.

Mivel a válaszok eredete mögötti okok tisztázására ez a kísérletem nem hozott értékelhető eredményt, megpróbáltam a gyerekek egyéb szokásait elemezve megtalálni a lehetséges okokat. A két osztály iskolai életvitele között egyetlen egy különbséget találtam, mégpedig azt, hogy az „a” jelű osztály minden szabad pillanatot az udvaron focizással

³ Az iskolában az alsó tagozaton minden osztálynak két tanítója van, akik első osztálytól tanítják a gyerekeket. A tantárgyakat és a délutáni foglalkozások idejét is megosztják. A gyerekek 95%-a a délutánt is az iskolában töltik.

töltött, amíg a „b” osztály tanulóira ez nem volt jellemző. Ha ez lehet a válaszok eloszlásában mutatkozó különbözőség oka, akkor a válaszok nemek szerinti megoszlásában jelentős különbségnek kell lennie, hiszen a focizásban a fiúk vettek részt. Ezért megvizsgáltam, hogy milyen a válaszok megoszlása az egyes osztályokban a nemek szerint. Az erre vonatkozó teljes táblázatot a M2 számú melléklet tartalmazza, ide csak az előbb említett két osztályra vonatkozó adatokat emeltem ki.

18. táblázat: A tanulói válaszok nemek szerinti megoszlása a „Miért áll meg az elgurított labda?” kérdésre, két kiválasztott osztályban

	Érthelmezhető len válasz	Miért áll meg a labda?			
		Gravitáció, rossz kifejtéssel	Elfogy a mozgása (ereje)	Lefékezi a környezet	Nincs mozgatóerő megáll
2001/2002. 5.a fiú	12,5%	12,5%		62,5%	12,5%
2001/2002. 5.b fiú	10,0%	30,0%	40,0%	10,0%	10,0%
2001/2002. 5.a lány	14,3%	28,6%	21,4%	14,3%	21,4%
2001/2002. 5.b lány	7,7%	7,7%	69,2%	15,4%	

A táblázatból látszik, hogy míg a lányok, és a „b” osztályba járó fiúk a környezet mozgást befolyásoló hatását nagyjából azonos arányban jelölik meg, addig az állandóan focizó fiúk között ez az arány kiemelkedően magas, és ezzel egyidejűleg egyáltalán nem társítanak a mozgáshoz valamilyen „elfogyó” mennyiséget. Noha az impetus fogalom megjelenését a foci-játék éppúgy elősegíthette volna, mint a környezet hatásának felerősödését, mégsem ez történt.

Természetesen egyáltalán nem vagyok biztos abban, hogy az előbb feltárt jelenség ténylegesen és minden fiú esetében hozzájárult a környezet mozgást befolyásoló hatásának kiemeléshöz épülő szemléletmód megerősödésében, de a válaszok megoszlása mindenesetre több mint elgondolkodtató. Az ellenben nyilvánvaló volt számomra, hogy ebben a két osztályban nem lehetett ugyanazzal a stratégiával felépíteni a mozgásokkal való ismerkedést.

A gyermeki gondolkodásnak az az eleme, amelyre a newtoni elmélet építhető lenne, az a környezet mozgást befolyásoló hatása lehetne. Ezt az elképzelést az is alátámasztja, hogy a hatodikosoknál az év elején elkészített diagnosztikus felmérésben arra kérdésre, hogy miért áll meg az elgurított labda, sokan a newtoni elmélethez közelálló módon válaszoltak. A válaszolók jelentős része írta azt, hogy a környezet lefékezi a mozgó testet. Itt azonban még korántsem mondhatjuk, hogy megtaláltuk a newtoni elmélet alapjait a gyermeki gondolkodásban, hiszen az elgurított labda az arisztotelészi elmélet alapján is megállna. Annyit azonban mondhatunk, hogy ebben az esetben a mozgásokkal kapcsolatos előre jelzésben valamilyen kölcsönhatás elemzése áll a tanulói válaszok mögött. Ennek a kölcsönhatásnak a következetes elemzése elvezethetne az arisztotelészi elmélet állításainak megindatásához. Amikor azonban a feladatokról beszélgettünk a gyerekekkel, és megkérdeztük őket, hogy mit gondolnak arról, hogyan mozognak az elgurított labda, ha nem lenne a környezetében semmi, ami lefékezné, vagy tanácsalanná váltak, vagy pedig azt mondták, akkor is megállna, csak sokkal messzebbre gurulna el. Egyetlen gyerek volt, aki azt mondta, hogy szerinte nem is gurulna, de véleményét nem tudta megindokolni.

Mindhárom évfolyamon, a téma tanításának megkezdése előtti beszélgetésen megkérdeztük a gyerekeket arról, hogy szerintük hogyan mozog egy elejtett test. A nyolcadikosok többsége erre a kérdésre helyesen válaszolt a gyorsuló mozgást megnevezve, a hetedikese és a hatodikosok esetében is viszonylag sokan adtak jó választ.

Amikor azokat a gyerekeket kértem meg válaszuk indoklására, akik korábban az egyenes mozgást válaszolták, csak nagyon kevesen tudták választásukat megindokolni.

Akik indokolni tudtak, azok lényegében azzal érveltek, hogy az elejtett test semmivel nem érintkezik, tehát miért is gyorsulna?

A másik csoportba tartozó gyerekek egy része a gravitációra hivatkozott, másik részük pedig arra, hogyha magasabbról engedünk el egy testet, akkor nagyobb sebességgel ér talajt, mintha alacsonyabbról engednénk, tehát ha ilyen kapcsolat van a sebesség és az esés magassága között, akkor kell, hogy esés közben gyorsuljon a test. Mivel ez a beszélgetés a tanórán zajlott, az egyes válaszok közötti pontosabb megoszlást nem tudtam rögzíteni. Azért sem törekedtem erre, mert tapasztalataim alapján a frontális módon szervezett feltáró beszélgetéseken mindig más a válaszolók aránya, mint az önálló munka során. Ilyen helyzetben a közösségekben kialakult erőviszonyok is befolyásolják a kételkedő döntését. Az ilyen feltáró beszélgetések viszont nagyon sok hasznos információt szolgáltatnak a gyerekek gondolkodásáról, a legtöbbször olyan gondolkodási elemekről szerezhetünk információkat, amelyeket a gyerekek az írásban feltett kérdések indoklásakor soha nem írnak le. Ezért a tanításban többször is szerveztem ilyen beszélgetéseket, még ha ezek dokumentálása néha nehézségekbe is ütközött.

7.2.3. A tanítási folyamat és eredmények

Prioritások a tananyagban

A prioritások kijelölése során figyelembe vettem a feladatok megoldásának értékelése és a diagnosztikus beszélgetések során tapasztaltakat, saját korábbi vizsgálataim eredményeit, a szakirodalomban leírtakat. A tanítás során a következő szakmódszertani elveket tartottam szem előtt:

- A mozgásállapot megváltozásának oka kölcsönhatás, tehát a testek mozgásában csak más testek hatására következhet be bármilyen változás. Ennek a hatásnak a jellemzésére használjuk az erőt. Gondot fordítottam arra, hogy az erő ne a test tulajdonságaként jelenjen meg, hanem mindig csak egy kölcsönhatás-rendszerben.
- Kitüntetett szerepe van a súrlódásnak, ezért számtalan situációban kell elemezni, hogy mekkora, és milyen hatással bír a mozgások lefolyására.
- Tisztázni kell, hogy a mozgások leírása során is modelleket (modellt) használunk. Meg kell beszélni ennek a modellnek a korlátait, tisztázni kell használhatósági területét.
- Valóságos mozgásokat kell elemezni.
- Fontos az erő és a lendület fogalmának egyidejű tisztázása. A lendület a test „tulajdonsága”, az erő a kölcsönhatást jellemzi. A gyerekek előzetes tudásában a tudományos értelmezéshez közelebb áll a lendületről alkotott kép, mint az, amely az erőről él bennük. Szinte már-már érthetetlen miért az erőt preferálja minden fizika tanterv, miért nem a lendületet.

7.2.3.1. A mozgások kinematikájának megértését segítő stratégia, és az eredmények elemzése

Mivel a mozgások témakör tanítása során feltétlenül számolnunk kell egy olyan explicit tudásrendszer korábbi kiépülésével, amely nem felel meg a megkonstruálni kívánt elméletnek, ezért a tanítás során nagy gondot kell fordítanunk a már felépült elmélet elemeinek tisztázására, és a kialakítani kívánt új elmélet elemeinek rögzítésére, mert csak ennek sikere esetében érhető el a fogalmi váltás. Az arisztotelészi és a newtoni elmélet szembeállítása a feladatok, problémák elemzése során, a kétféle gondolati rendszerben adható magyarázatok folytonos elemzése játszik fontos szerepet. Alapvetően arra

törekedtem a tanítás során, hogy a fogalmak alakulására megfelelő idő álljon a rendelkezésre. Ezt úgy értem el, hogy a fizika tanítása során mindvégig felszínen tartottam ezt a témát.

A hetedik évfolyamon az egyenes vonalú egyenletes-, és a változó mozgások tanulmányozása adja a mozgások témakörének első fejezetét. E téma feldolgozás során a kinematikai leírason túl foglalkozunk a mozgások létrejöttének dinamikai feltételeivel is. Az erőkkkel azonban itt nem számolunk, csak a kisebb-nagyobb-egyenlő relációk, és az okozott mozgás milyensége a fontos. A téma bevezetőjeként különböző mozgások nyomképeiből próbáltuk meg rekonstruálni, hogy hogyan mozdoghatott az a test, amely az adott nyomot hagyta. Ez a munka egyéni feladatmegoldással kezdődött, az egyéni megoldásokat csoportokban megbeszélték a tanulók, majd a csoportokban kialakult álláspontokat frontálisan megvitattuk.

A további tanulási szakasz tervezése szempontjából fontos volt tudni, hogy milyen a gyerekek tudásának állapota a kinematikai alapfogalmakkal kapcsolatosan. Ezért olyan mozgást kerestem, amely viszonylag összetett ugyan, de minden gyerek számára napi tapasztalatot jelent. Mivel az iskolai tornaterem hiánya miatt minden osztály rendszeresen utazott az iskola előtt haladó villamossal, (ráadásul együtt), így a diagnosztikus vizsgálat tárgyának ezt a mozgást választottam. A feladat megoldásához azonban ezt a közös tapasztalatot nem találtam eléggé motiválóknak, így olyan kontextus kerestem, amely motiválhatja a gyerekeket a nehéz feladat megoldásában. A konkrét feladat megfogalmazásában azt is figyelembe vettem, hogy azokban az osztályokban, ahol a tervezett feladatokat meg szerettem volna oldani, a gyerekek számára központi kérdés volt a gazdasági vállalkozás, hogyan lehet az sikeres, milyen működési feltételei vannak, és így tovább. Ennek alapján alakult ki a vizsgálófeladat, amely aztán olyan sikeressé vált, hogy további évfolyamokban is felhasználtam. A feladatok megoldását videóra rögzítettük, a felvételek alapján készült a következő elemzés.

Az első két évben két osztály kapta a következő feladatot, amelynek megoldására a gyerekek csoportmunkában készültek fel:

Képzeljétek el, hogy csoportotok egy olyan gazdasági társaság, amely egy Közlekedési Vállalat által kiírt pályázaton vesz részt. A pályázati kiírás arról szól, hogy meg kellene állapítani, hogy egy bizonyos szakaszon a villamos (amely az iskola előtt jár) hogyan mozog, mekkora a legnagyobb sebesség, amivel ott halad. Ha ugyanis a jármű egy bizonyos sebességnél gyorsabban mozog a pálya bármely szakaszán, akkor a pályát át kell építeni, mert már nem biztonságos. A mérés során a közlekedési eszközre gyárilag felszerelt sebességmérő nem használható, sajnos egyébként sem volna elég pontos. A felkészülés során meg kell fogalmazni, hogy milyen mennyiségeket és hogyan mérnétek meg, illetve az adatokból hogyan következtethetnétek a villamos mozgására. A csoport készüljön fel arra, hogy a versenytárgyalás vezetője (a tanár) a mérési eljárással kapcsolatosan kérdéseket tesz majd föl.

A feladat megoldása során minden csoportnak sikerült valamilyen használható elképzelést kialakítani. Miután a feladatra való felkészülés során kiderült, hogy mindenféle rejtélyes „elektromos mérést” akarnak felhasználni, amelyekről persze nem tudták, hogyan működik, így a „kiírást” ki kellett azzal egészíteni, hogy csak olyan eszközt használhatnak, amelynél egyértelmű, hogy milyen mennyiséget, és hogyan mér.

A legtöbb esetben a csoportmunka végén olyan javaslatok születtek, hogy valamilyen szerkezetből különféle folyadék csepegjen a pálya mellé a villamosról. A csepegtető szerkezetből (pl. egy lyukas műanyag flakon, egy csappal felszerelt kisebb tartály) azonos időközönként lecsöppenő cseppek távolságát, valamint a cseppenések között eltelt időt megmérve, megmondható a villamos által időegységanként megtett út.

Érdekes volt számomra, hogy a gyerekek magától értetődő tényként kezelték, hogy egy kis lyukon lecsöpögő vízcseppek leesésének ideje mindig ugyanaz. Kérdésemre elmondták, hogy az előző tanévben az erdei iskolai szálláshelyen csöpögött a vízcsep, és elalvás előtt „idegesítően” egyforma időközönként hallották a koppanást.

Az első évben a két osztályban összesen 11 csoport alakult, és oldotta meg a feladatot. A legtöbb csoport kitért arra is, hogy a cseppek lehullása közötti idő mekkora legyen, s ezt az időt az 1 másodpercben jelölték meg. Három csoport azt is kiemelte, hogy fontos, hogy viszonylag „gyorsan” csepegjen a folyadék, mert ha például ötpercenként hullik csak le egyetlen csepp, akkor a közte eltelt időben a villamos „akárhogy is mozoghat”.

Az egyik csoport megoldásában például az úttestre 1 méterenként felfestett vonalak közé a villamosra szerelt tartályból azonos időközönként lehulló vízcseppek számából következtethetünk arra, hogy melyik villamos haladt gyorsabban és melyik lassabban. Minél kevesebb a csepp, annál nagyobb a villamos sebessége. Említésre méltó, hogy a feladat megoldásában szereplő fordított arányosságot minden csoport, majd később a gyerekek egyénileg is helyesen használták. Ez azért fontos, mert a fordított arányosság megértése és adekvát használata sok esetben komoly gondot jelent a tanulók számára (Varga és mts., 2007). Ebben a konkrét situációban azonban, megfelelő tapasztalati háttérrel nem okozott gondot a pontos használat.

Egy olyan megoldás született, amelyben a gyerekek a villamos mellé, azonos, kb. 1 méteres távolságokra rudakat rögzítettek volna. Egy a villamosra szerelt karnak ezeket a rudakat kellett megérintenie. Amikor a villamos elindul, a rudakra szerelt órák is elindulnak, az érintés pillanatában pedig megállnak. Így az órák által jelzett idők segítségével megadható, hogy egy-egy szakaszt mennyi idő alatt tett meg a villamos, ebből pedig kiszámítható az adott szakaszon a sebessége. Az indulás és az utolsó óra által jelzett idő alapján pedig megadható a villamos átlagsebessége. Ez a csoport szerint azért fontos, mert a forgalomirányítónak segít a megfelelő menetidő meghatározásában. Amint látható, ez a csoport minden kérdés nélkül továbbfejlesztette a feladatot, és lényegében helyesen határozta meg az átlagsebesség fogalmát is.

Olyan csoport is volt – az első évben egy, de az azt követő években is mindig akadt egy-vagy két hasonló –, amely a feladatot úgy kívánta megoldani, hogy a két megállóban megnézte a villamos tájékoztató táblájára kiírt követési időket, illetve azt, hogy mennyi időt jelöl a menetrendi tábla a két megálló közötti út megtételére. Ezután megmérték, hogy mennyi idő alatt ér a villamos az egyik megállóból a másikba, és ha a két adat egyezett, akkor szerintük a villamos nem lépte túl a megengedett sebességet. Ha a tényleges menetidő rövidebb volt, mint a táblán feltüntetett, akkor a villamos gyorsabban mozgott, ha hosszabb, akkor lassabban. Ennek a csoportnak a mérési javaslatával kapcsolatban mindig heves vita alakult ki a csoport és az osztály között, a többi csoportba tartozó gyerekek hevesen támadták ezt a mérési eljárást, mert szerintük „nem megoldás s problémára”.

Mint az a diagnosztikus feladat megoldásából is látható, a gyerekek egy része már viszonylag pontos, és a fizika tanulása szempontjából is jól használható sebesség-fogalommal rendelkezik, és osztályonként más és más arányban ugyan, de a gyerekek 10-30 %-ánál már megkezdődött a pillanatnyi sebesség és az átlagsebesség fogalom differenciálódása is. Ezekben az esetekben nyilván más tanulási utat kell tervezni, mint azoknál a gyerekeknél, akik esetében az intuitív sebesség-fogalomban e két mennyiség differenciálódása még nem kezdődött meg.

E feladatból egyébként szaktárgyi projekt formálódott, mert a gyerekek megtervezték és kiviteleztek a mozgások vizsgálatára alkalmas csepegtetővel felszerelt kiskocsikat, s az ezekből csepegő víz által hagyott nyomok elemzésével vizsgáltuk a lassuló és a gyorsuló mozgást (Radnóti és mts., 2003.)

A továbbiakban ennek a feladatnak a továbbfejlesztésével alakítottuk ki az átlagsebesség fogalmát. Amikor a mozgások dinamikai jellemezésével foglalkoztunk megbeszéltük, hogy milyen feltételek szükségesek ahhoz, hogy a villamos egyenesletes mozogjon. A gyerekek helyesen mondták, hogy a villamos motorja az egyenesletes mozgás alatt is „működik” vagyis van egy lényegében „mozgás irányú” erő. A frontális

beszélgetésen hozzászólók azt is tudták, hogy a villamos mozgását a súrlódás lassítja, és helyesen adták meg a súrlódási erő nagyságát. Beszélgetésen tisztáztuk, hogy hol hat a motor által kifejtett erő, és hol a súrlódási erő. Noha a két erő nagyságával kapcsolatosan korábban már elhangzott a helyes reláció, a további hozzászólóknak nagyon is különböző elképzeléseik voltak a két erő nagyságával kapcsolatban. A legtöbben azt gondolták, hogy a motor által kifejtett erő sokkal nagyobb, mint a súrlódási erő.

Az egyik osztályban a beszélgetés során a gyerekek maguk javasolták, hogy ne foglalkozunk a levegő fékező hatásával, mert a villamos úgyis olyan lassan megy, hogy a levegő biztosan alig fékezi. (Itt azt lehet érezni, hogy elég jól érzik a közeg fékező hatásának a mozgó test sebességétől való függését.) Ezt a javaslatot természetesen elfogadtuk és a továbbiakban itt nem kellett visszatérni a levegő hatásához. Az erők nagysága közötti kapcsolatot akkor sikerült elfogadtatni a gyerekekkel, amikor azt kezdtük el fészegetni, hogy mi lehet a kapcsolat a két erő között akkor, amikor a villamos gyorsul. Erre kórusban válaszolták, hogy akkor a motor által kifejtett erő nagyobb, mint a súrlódási erő. Ez után több tanuló megadta a helyes választ az erők nagyságával kapcsolatos kérdésre az egyenletes mozgás esetén.

Mindkét osztályban voltak azonban olyanok, akik azt állították, hogy mind az egyenletes-, mind a gyorsuló mozgás esetén a motor a súrlódási erőnél nagyobb erőt fejt ki, csak az egyik esetben kicsit nagyobb ez az erő, ekkor egyenletes a mozgás, a másik esetben pedig sokkal nagyobb, ekkor gyorsul a villamos.

A tanulásnak ebben a szakaszában egyik osztályban sem sikerült tisztázni, hogy milyen erőhatások léphetnek fel a pályának azon a szakaszán, ahol a villamos kanyarodik. Azt, hogy a sebesség nagysága változik-e ezen a szakaszon, meg tudják ítélni a gyerekek, de tovább nem sikerült lépnünk. Az órán elhangzott a helyes magyarázat, de szemmel láthatóan a gyerekek többsége itt nem tudta elfogadni azt. A következőkben vissza kellett térnünk ennek a kérdésnek a tisztázásához, ekkor még megelégedtem azzal, hogy a helyes magyarázat elhangzik az órán.

E feladat megoldásának elsősorban az a tanulsága, hogy a gyerekek lényegében jó sebesség- fogalommal rendelkeznek. A tanítás során sikerült mindenkiben tisztáznunk az egyenes vonalú egyenletes és az egyenes vonalú változó mozgások kinematikai leírásának alapjait. Így a kinematika tanítása során a sebesség-fogalom kialakítása azért is lehet eredményes, mert a tanulók nem elhanyagolható hányada már a tanítás megkezdése előtt is teljesen jó elő-fogalommal rendelkezik. Sok gyereknél kialakult a pillanatnyi sebesség, és az átlagsebesség fogalma is, bár ezek további pontosításra szorultak, de az e fogalmakkal kapcsolatos értelmezések – úgy tűnik – nem nehezítik a tananyag elsajátítását.

Még egy érdekes tanulással szolgáló momentum volt a munka során, ez pedig a mozgások viszonylagosságával kapcsolatos. Amikor a vonatkoztatási test, illetve a vonatkoztatási rendszer problémájához érkeztünk, olyan a gyerekek által korábban valószínűleg átélt élményekre támaszkodtunk, amelyekről úgy véltük, hogy segítenek a megértésben. Ennek során hivatkoztunk a pályaudvaron egymás melletti síneken várakozó vonatok példájára, amikor az indulás esetében az első pillanatban gyakran nehezen tudjuk eldönteni, hogy az a szerelvény indult-e amelyiken mi tartózkodunk, vagy pedig a másik. Ezzel a kérdéssel kezdtük a téma tárgyalását, és mindkét osztályban szerencsénk volt, mert a gyerekek nagy többsége már átélte ezt a szituációt. Arról kérdeztük őket, hogy mit éreztek ekkor. A legtöbben valamilyen zavarodottság-szerű érzésről számoltak be. Azt is el tudták mondani, hogy azonnal elkezdtek forgatni a fejüket, és olyan dolgokat próbáltak keresni, amelyek „soha nem szoktak mozogni”, például villanyoszlop, valamilyen bódé, állomásépület, stb. Itt az egyik osztályban valaki azonnal közbeszólt, hogy szerinte nincs olyan tárgy, amelyik soha nem mozog, de véleményét nem tudta kifejezni. A közbevetésen azonban vita alakult ki, volt, aki egyetértett a közbeszólóval, volt, aki nem. Végül is abban állapodtunk meg, hogy azok a tárgyak, amelyek a Földhöz vannak rögzítve, azzal együtt

mozognak. A gyerekek ismerték, hogy milyen mozgásokat végez a Föld. Miután az órán elhangzott, hogy mekkora sebességgel mozog a Föld a Nap körül, ezt szinte senki sem akarta elhinni. Az volt az általános vélemény, hogy akkor ezt a sebességet érezni kellene, hiszen amikor például egy autóban ülünk, és az 100 km/h sebességgel halad, azt is érzékeljük. Ezen a ponton néhányan kifejtették, hogy szerintük ez azért van, mert az autóból mindig látni lehet a környezetet, a mozgó Földből viszont nem, így az sem tűnik fel, hogy „száguld”. Az egyik osztályban egy gyerek felvetette, hogy a Napot viszont látjuk, és ekkora sebesség esetén ezt látni kellene. Innen a beszélgetés lényegében nem haladt tovább.

Megpróbáltam a mozgás érzékelésével kapcsolatban felhívni a figyelmüket azokra az esetekre, amikor a sebesség éppen változik. Itt pontosan tudták, hogy a fékező, gyorsuló, vagy kanyarodó járművekben „ingatag az ember helyzete”, de ennél a megállapításnál tovább most nem jutottunk.

A vonatkoztatási rendszerrel kapcsolatban még egy esemény, történet érdemel említést. Az egyik gyerek már az óra közben felvetett kérdésre (mozgás és környezet kapcsolata) azt mondta, hogy „szaladnak a fák”. Ezt a közbeszólását a többiek az adott situációban azzal magyarázták, hogy ha ő éppen egy autóban ül, akkor hozzá képest a fák valóban hátrafelé szaladnak.

A gyerekek a szünetben megkeresett és elmesélte, hogy amikor óvodás lehetett, akkor mondta ezt a mondatot egy családi kirándulás során, és valószínűleg el is felejtette volna, ha ez után nem mondták volna neki azt, hogy „kis buta, nem is a fák mozognak, hanem mi”. Ő ezen annyira megsértődött, hogy még most is emlékszik erre, viszont most értette meg, hogy ő nem volt „buta” és ez megnyugtatta. Egyszerűen csak azt mondta, amit látott, és a saját magához rögzített rendszerben gondolkodott.

Ezt a kis történetet azért is maradt meg bennem, mert érdekes példája a gyermeki gondolkodás alakulásának, és jó példa arra is, hogyan bátoríthatjuk, vagy kedvetleníthetjük el akaratlanul a kisgyermekeket a környező világ jelenségeinek magyarázásában. Fontos, hogy ne tévesszük szem elől: amit egy gyermek mond, annak a legtöbbször oka van! Legtöbbször nem azért születnek az általunk elvárt választól lényegesen különbözők, mert a gyerekek nem akarja megtanulni, amit mondunk, hanem azért, mert másképpen gondolkodik.

Megállapíthatjuk tehát, hogy a gyerekekben már az iskolai tanítás előtt formálódik az egyenletes- és a változó mozgás fogalma, és a sebesség-fogalom is. Ez utóbbit a kísérletben használt tankönyv még nem kezeli ugyan vektorként, de hogy az erő tanítását a vektormennyiség fogalmának bevezetésétől mentesítem itt már vektorként értelmeztem. A sebességek nagyságának összehasonlításában nincs lényeges probléma a tanulók gondolkodásában. Alapvetően jól értelmezik már a tanulás megkezdése előtt az egyenletes és a változó mozgás fogalmát azokban az esetekben, amelyekben a mozgás egyenes vonalú.

7.2.3.2. A mozgások dinamikai feltételeinek megértését segítő stratégia és az eredmények elemzése

A következő tanulási egységben a mozgások dinamikai jellemzése szerepel a tanítás előterében. A tanulás kezdetén az erő fogalmának bevezetése történik. A keret, amibe az új fogalom illeszkedik a kölcsönhatások témaköre. A mozgásállapot-változás, valamint a kölcsönhatás fogalmához kötődő új mennyiség megtanulása során számos problémával kellett megküzdeniük a tanulóknak.

Első lépésként arról beszélgettem a gyerekekkel, hogy mit jelentenek számukra az „erő”, és a „lendület” szavak. A szavak jelentését a gyerekek elsősorban mondatba

foglalással, vagy valamilyen szókapcsolattal fejezték ki. A következők hangzottak el az órán: légierő; haderő; erősen meglődni valamit; erősebb, mint a másik; izomerő; nagy vonzási erő; erőmű; a mozgáshoz erő kell; a gyorsuláshoz erő kell; ha valaki sokat edz, erős lesz. Érdekes, hogy egy osztályban, egymás után hangzott el az a két állítás, hogy a mozgáshoz kell erő, és az, hogy a gyorsuláshoz kell az erő. A két gyereket megpróbáltam tovább kérdezni, azonban nem sikerült értékelhető válaszokat kapnunk arról, hogy milyen mozgásképp él bennük.

Noha korábban is foglalkoztunk már érintőlegesen az egyenes vonalú egyenletes, vagy az egyenletesen változó mozgás létrejöttének feltételével, a korábbiakban a hangsúlyt a kinematikai leírásra helyeztük. Ebben a tanulási szakaszban kerül sor talán a legnehezebb feladatra, pontosítani, tisztázni kell az erő fogalmát. Mint az a korábbi elemzésből látható, az egyenes vonalú egyenletes és az egyenes vonalú változó mozgások kinematikai leírására szolgáló modellt viszonylag könnyen megértik a gyerekek, az alkalmazás során elsősorban matematikai nehézségeik adódnak. A dinamikai feltételek tekintetében egyáltalán nem ilyen biztató a helyzet. Ennek alapvető oka az erőfogalommal kapcsolatos súlyos értelmezési problémákban keresendő. Az erő egy hihetetlenül bonyolult, összetett dinamikai fogalom együttes egyik eleme, amelynek differenciálódása a fizikatudomány fejlődése során is csak viszonylag későn történt meg. A kérdésről *Fényes Imre* a következő módon gondolkodik:

Tény, hogy az erő, fizikai értelemben vett tiszta, differenciált fogalma a köznapi gondolkodásban nem található meg. (...) Az „erő” szónak a köznapi nyelvben valóban csak az adott helyzettől következően van jelentése, mégpedig jellegzetes esetenként más és más. Ha erősen meglőnkünk egy testet, akkor a fizika *impulzus*-fogalma van jelen kezdetleges formában; ha az ember „passzívan” *erőlködik*, azaz nyugalmi állapotban tart egy nehéz tárgyat (...), a jelentés a *fizikai erő* szakkifejezésének jelentéséhez áll közel; az „aktív” *erőlködés*: a nehéz tárgy emelése viszont *mechanikai munkavégzés*; az erős ember nagy *teljesítményre* képes (Fényes, 1980, 138. o.).

A téma tanulását terhelő további probléma, hogy nehezen értelmezhető a gyerekek számára a zárt rendszer fogalma. Ennek a megmaradási törvények szempontjából fontos fogalomnak az alakítását sokkal korábban kellene megkezdennünk, s a további tanítás során több figyelmet fogok majd szentelni neki.

A mozgások dinamikai feltételeinek tisztázására szervezett tanegység feldolgozása során a tanulási folyamatot a következő módon szerveztem. A nyolcadikosoknál a mozgások téma tanítását megelőző ismételten azt kértem a gyerekektől, hogy jelöljék a testre ható erőket a következő esetekben: egy asztalon nyugalomban lévő golyónál; egy asztalon elgurított golyónál, az elgurítás után; egy ferdén felfelé elhajított test esetében a pálya felszálló ágában, a legmagasabb ponton, és a leszálló ág vége felé; valamint egy nyitott ejtőernyővel egyenes vonalban, egyenletesen süllyedő ejtőernyős esetében.

Az első feladatnál a gyerekek többsége helyesen rajzolta be az erőket jelképező vektorokat. Miután ezt a feladatot tanulmányaik során korábban már megoldották, annyit biztosan állíthatunk, hogy a Földön nyugalomban lévő testek esetében, és a fizika óra körülményei között a megfelelő ismeretek már megjelennek a gyerekek tudásában, nem tekintik ezt az állapotot „erőmentesnek”.

A második feladat esetében minden gyereknél megjelent egy mozgás irányú erő, és sokan berajzolták a súrlódási erőt is. A rajzok egy részénél nem tudtuk eldönteni, hogy a két erő közül melyik a nagyobb, mások a súrlódási erőt nagyobbban rajzolták. Amikor a feladatok megbeszélésére került sor, akkor az ilyen típusú rajzokat biztosan rossznak minősítették a gyerekek, hiszen akkor a golyó nem lassulna, hanem – véleményük szerint – ellenkező irányban mozogna.

A harmadik feladat megoldása során minden gyerek rajzolt mozgás irányú erőket, még hozzá a megjelölt pontokban a pálya érintőjének irányában. Sokan berajzolták a

gravitációs erőt is mindhárom pontban, de néhány olyan tanuló is volt, aki a pálya felszálló ágában a gravitációs erőt nem rajzolta be.

Mikor e feladattal kapcsolatban a táblára felkerült a newtoni elméletnek megfelelő megoldás, többen nem akarták azt elfogadni. Azzal érveltek, hogy kell, hogy legyen olyan erő, amely a mozgás irányába mutat, különben miért mozogna arra? Felmerült, hogy mi a szerepe a pálya kialakulásában annak, hogy mekkora erővel és milyen irányban dobjuk el a testet. Miután a mozgást biztosan valamilyen kölcsönhatás indította meg, a gyerekek ragaszkodtak ahhoz, hogy ez a kezdeti hatás még valamilyen módon továbbiakban is jelen van. A gyerekek szinte szó szerint ugyanazt mondják, amit Buridan is állít a következő idézet tanúsága szerint, Makkai László interpretációjában:

... a kerék azért forog tovább, a lövedék azért repül tova, mert a víztől, a puskaportól, mozgatóerőt, impulzust vett át, ... s ez mindörökre hajtáná, ha röptené, ha a levegő ellenállása és a gravitáció le nem küzdenék a mozgást (Makkai, 1967, 19-20. o.).

Amikor az egyik gyerek szájából elhangzott a beszélgetés során, hogy nem lehet mindegy, hogy kezdetben milyen a lendülete a testnek, a többiek átvették a beszélgetésben a lendület kifejezést. Úgy tűnt, hogy ezt a kifejezést szinte teljesen szabatosan használják. Természetesen további és nagyobb mintákon végzett vizsgálatokat igényel, hogy milyen a gyerekek intuitív lendület fogalma, azonban az valószínű, hogy az erővel kapcsolatos értelmezési problémák a lendület-fogalom kialakítása és megértése után csökkenni fognak. Ezt figyelembe vettem a lendület téma tanításának tervezése során.

A negyedik mozgás az egyenes vonalban, egyenletesen süllyedő ejtőernyősre ható erők berajzolása volt. Itt minden gyerek jól jelölte a gravitációs erőt, sokan jól jelölték a levegő hatását, de a fékező erő nagysága a gravitációs erőnél kisebb volt. Többen pedig csak a gravitációs erőt jelölték az ábrába.

Mindössze egyetlen tanuló vette észre, hogy a nyugalom és az egyenletes mozgás dinamikai feltétele a newtoni elméletben ugyanaz. Őt viszont annyira meglepte ez a felfedezés, hogy azonnal hangosan el is mondta. Érdekes volt azoknak a reakciója, akik megértették a közbeszólást: „Ugyanolyan erők hatnak a nyugalomban lévő golyóra, mint az egyenletesen mozgó ejtőernyősre!”.

Néhányan azonnal kétségbe vonták, hogy jók a táblán szereplő ábrák, mások pedig azt mondták, hogy a közbeszólónak nincs igaza, mert az egyik esetben az alátámasztás hat a golyóra, a másik esetben pedig a levegő az ejtőernyősre. Ez a viszonylag rövid beszélgetés azért is volt nagyon tanulságos számomra, mert azt mutatja, hogy az erő nagyon is konkrét, szituációhoz kötött jelenség a gyerekek számára, többségük még egyáltalán nem kezeli olyan mennyiségként, amelyet két különböző szituációban össze lehet hasonlítani. Amíg például a tömeg, vagy a hosszúság esetében ilyen jelenséget eddig nem tapasztaltam, az erőnél úgy tűnik ezzel is számolnunk kell.

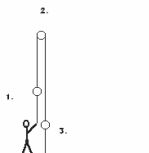
E feladat esetében a gyerekek a rajzokat a füzetbe készítették, így nincsen pontos adataim arról, hogy hányan rajzolták egyik- vagy másik megoldást. Azt a megbeszélés során rögzítettem, hogy milyen alternatívák születtek, de a gyerekek maguk javították a rajzokat. Noha arra kértem őket, hogy a javítást az eredetitől elütő színnel végezzék, hiszen a további elemzések céljából szükség lett volna pontosabb adatokra, ez azonban, mint utólag kiderült csak részben sikerült. Így az elemzés során csak az órán általunk rögzített adatokra támaszkodhattam.

Ez után következett az erő és a lendület fogalmára tervezett tanulási szakasz, amelyben a lendület fogalom kialakítása után mindvégig arra törekedtem, hogy e két mennyiséget különböző szituációkban párhuzamosan elemezzünk. A témához kapcsolódó vizsgálatokban a gyerekek tudása megnyugtatóan látszott.

A tanév végén került sor három nyolcadik osztályban arra, hogy megkérdezzem őket, hogyan gondolkodnak egy elhajított testre ható erővel kapcsolatosan. Mivel a hasonló

jellegű feladatok esetében az volt a tapasztalatom, hogy nagyon sok értelmezhetetlen ábra születik, ezért ezt a feladatot feleletválasztós formában fogalmaztam meg.

19. ábra: A feldobott testre ható erőt vizsgáló feladat



Az 1. pontban a labdára ható erő/erők

- ☐ felfelé irányul
☐ nulla (nem hat erő)
☐ lefelé irányul
☐ nem tudom megítélni

A 2. pontban a labdára ható erő/erők

- ☐ felfelé irányul
☐ nulla (nem hat erő)
☐ lefelé irányul
☐ nem tudom megítélni

A 3. pontban a labdára ható erő/erők

- ☐ felfelé irányul
☐ nulla (nem hat erő)
☐ lefelé irányul
☐ nem tudom megítélni

A mozgás három, jól elkülöníthető szakaszában megjelöltem a pálya egy-egy pontját, és mindegyikhez megadtam az eddigi tapasztalataim alapján a gyermeki válaszokban előforduló magyarázatokat. Ugyanezt a feladatot megoldattam két hetedik osztállyal is, akik még nem tanulták részletesen az erő és lendület fogalmát, csak a kölcsönhatások tárgyalásán és az erő kvalitatív meghatározásán jutottak túl. A következő táblázat a gyerekek válaszainak megoszlását mutatja be, az egy osztályban válaszolók arányában.

20. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása a feldobott testre ható erőkkel kapcsolatban

	A labdára ható erő a felszálló ágban				A labdára ható erő a csúcspontban					A labdára ható erő a lefelé szálló ágban			
	Többet jelöl	Felfelé erő	Nincs erő	Lefelé	Többet jelöl	Felfelé erő	Nincs erő	Lefelé	Nem tudom	Többet jelöl	Felfelé erő	Nincs erő	Lefelé
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
2000/2001 7.a		90,9	4,5	4,5		4,5	81,8	13,6			4,3		95,7
2000/2001 7.b		75,0	12,5	12,5			62,5	31,3	6,3		6,3	12,5	81,3
2000/2001 8.a	5,0	90,0		5,0		5,0	65,0	25,0	5,0		10,0		90,0
2000/2001 8.b	5,6	83,3		11,1	11,1		83,3	5,6		5,6	5,6		88,9
2001/2002 8.a	4,5	86,4		9,1		4,5	72,7	22,7					100,0

A táblázatban szürke háttér jelöli azokat az oszlopokat, amelyek az arisztotelészi elmélet szerinti válaszokat tartalmazzák. Jól látható, milyen elsöprő azoknak a gyerekeknek az aránya, akik mozgás irányú erőt feltételeznek. A gyerekek elméjében sziklaszilárdan tartja magát az az elképzelés, hogy minden mozgás esetében kell lennie valamilyen hatásnak, ami a mozgás irányát kijelöli. Alapvetően nem azzal az elképzeléssel van a baj, hogy ahogyan a gyerek fogalmazni szokták, „kell, hogy legyen valami, ami a mozgás irányát meghatározza”. A baj akkor kezdődik, amikor a tanítás során nem vesszük ezt figyelembe, és a mozgások okainak tanítását olyan mennyiségre alapozzuk, amelyik gyakran nem mozgásirányú. Mint azt többéves próbálkozásom és számtalan nemzetközi és hazai vizsgálat eredményei is bizonyítják, ez a folyamat nem hozza meg a kívánt eredményt (DiSessa, 1982; Yates és mts., 1988). Hiába fordítottam a tanítási folyamatban kiemelt

figyelmet arra, hogy az erő fogalmát tisztázzuk, amint a tanulási szituáció kicsit távolabb került a gyerekektől, azonnal visszatérnek az arisztotelészi elmélet elemei, és a mozgáshoz mozgásirányú erőt feltételeznek.

Az előzetes beszélgetéseken, és a diagnosztikus feladatokra adott válaszok alapján egyre inkább az látható, hogy az erő fogalom egy olyan fogalom-együttesbe ágyazottan fejlődik a gyerekek tudatában, aminek fontos eleme a lendület, a mozgási energia, ide tartozik bizonyos mértékben a sebesség is. Úgy vélem tehát, hogy csak akkor van esély az erő fogalmának megfelelő értelmezésére, ha a tanítás során a lehető legtöbb szituációban elemezzük e mennyiségeket, tisztázzuk egymáshoz való viszonyukat, nagyságukat, és változásait. Ehhez elsősorban az szükséges, hogy kialakítsuk a lendület és a mozgási energia fogalmát

Az eddigi tapasztalatok, eredmények alapján azt mondhatjuk, hogy a lendület olyan mennyiség, amelynek értelmezése körül sokkal kevesebb probléma látszik, szemben az erőfogalommal. A gyerekek jól válaszolnak a lendülettel kapcsolatos kérdésekre, érzik a tömegtől és a sebességtől való függést. Ami most is gondot jelent, az a lendület mennyiségének vektor jellege. Ugyanakkor a mozgások látható iránya miatt egyáltalán nem idegenkednek attól, hogy egy mennyiséghez a nagyságán kívül irány is tartozzék. A gyerekek az eredő lendületben végre rátaláltak egy olyan vektormennyiségre, amelyik mozgásirányú. Az órai magyarázatokban érezhetően könnyebben „törődtek bele” abba, hogy egy feldobott test mozgása során, a felfelé emelkedő szakaszban nincsen mozgás irányú erő, mert ott volt egy ilyen irányú mennyiség, az eredő lendület. Bár csak kvalitatív módon értelmeztünk, de megbeszéltük, hogy honnan származik a mozgó test lendületének megváltozása, és ebben a beszélgetésben résztvevők már szinte kivétel nélkül helyesen válaszoltak.

A didaktikai rendszer kipróbálása első ütemének fontos tapasztalata volt, hogy be kellett emelni a tanítási folyamatban egy olyan lépést, amikor egyidejűleg elemezzük a testre ható erőket, és a test lendületét/lendületváltozását, valamint a mozgási energiát/energiaváltozást, és a sebességeket. Ez ugyan eléggé összetett feladat, de mivel a fizika tananyag az erő fogalmát preferálja, és ez a vizsgált esetekben nem mozgás irányú mennyiség, a gyerekek kénytelenek valami olyan konstrukciót létrehozni, amely a mozgás irányát jellemzi. Hiszen az erő közvetlenül nem „látható” de az, hogy egy test merre mozog, és hogy merre fogja folytatni a mozgását, minden a gyerekek által tapasztalt gyakorlati esetben jól megjósolható. Ez az a rendkívül fontos tanítási szakasz, amikor a diagnosztikus feladatok között említett esetekben egyidejűleg elemezzük a testre ható erőket, és a test lendületét/lendületváltozását, valamint a mozgási energiát/energiaváltozást, és a sebességeket.

Az a tapasztaltam, hogy a nyolcadik osztály végére eddig lehetett eljutni az erő-fogalom tisztázásában. Itt további érési időszaknak, és a kialakított elméletet megerősítő tanulási szakasznak kellene következnie, hogy a nehéz munkával felépített elmélet ne csak azokban a gyerekekben kezdjen el működni, akik most a frontális megbeszélésen részt vettek. Lehetőségeim, tekintettel az általános iskola befejezésére, sajnos itt véget értek, a gyerekek más-más középiskolában tanultak tovább, így nem sikerült megszerveznem a tanulási szakasz folytatását.

A sors különleges fintora, hogy a kutatás közben életbe lépő kerettantervi szabályozás kiemelte a fizika alapozó szakaszából a lendület mennyiségét. Bár megpróbáltam ennek az előírásnak megfelelni, most már úgy látom, hogy nem tisztázható az erő fogalom a lendület és a mozgási energia egyidejű tárgyalása nélkül. Ahogyan azt *Stella Vosniadou* írja:

A természettudományok tanítására irányuló kutatások is kimutatták, hogy a tananyagot alkotó fogalmak egy bizonyos rendszerben kapcsolódnak egymáshoz, ami meghatározza elsajátításuk sorrendjét. Ezt a rendszert nem szabad figyelmen kívül hagyni az oktatás és a tanmenet megtervezésekor. (...) Jelenleg ilyen szempontok nem érvényesülnek a természettudományok tanterveinek összeállításakor (Vosniadou, 2001, 434-448. o.).

Az eddigi tapasztalatok azt indokolják, hogy érdemes lenne részletesebben, és szélesebb körben megvizsgálni, hogy valóban, a lendület (illetve az azt megelőző impetus fogalom) korábbi alakulása okozza-e az erő fogalmának megtanulásában világszerte tapasztalható kudarcokat. Annál is fontosabb lehet ez a kérdés, mert az impetus-fogalom megjelenését a gyermeki gondolkodásban más kutatók is kimutatták (McClosky, 1982; Fishbein és mts., 1989).

A didaktikai rendszer kipróbálásának ebben a részletében a fent említett törvényi változások miatt két év adatai kimaradtak. A 2006/2007 – es tanévtől ismét megpróbáltam a tanításba beemelni az impulzus fogalmát. Tapasztalataim azonban egyre inkább azt bizonyítják számomra, hogy nem beemelni érdemes a lendület mennyiséget, hanem erre kell alapozni a tanítási folyamatot. Ez azonban nem tehető meg az iskola helyi tantervének módosítása nélkül.

8.3. Elektromosság

Az elektromosság tanítására minden esetben a kölcsönhatások témakörének feldolgozása után kerül sor. Első lépésként itt is áttekintettem a témakör tanítására való felkészülést alakító/befolyásoló tényezőket, a leggyakrabban előforduló tanulói értelmezéseket, valamint a szakrendszerű tanítást megelőző szakaszban szerzett tudásrendszerek várható tartalmát.

8.3.1. Az elektromossággal és az elektromos alapfogalmakkal kapcsolatos értelmezések a gyermeki gondolkodásban

Elektromos alapmennyiségek megnevezése a hétköznapi nyelvhasználatban

Munkám során szembe kellett néznem azzal a ténnyel is, hogy a közbeszédben nagyon gyakran használjuk az elektromosság témakörében tanított legtöbb mennyiség nevét. Ez a tény azért fontos a tanítás tervezése során, mert a mindennapi életben használt szavaknak mindenkihez kialakul egy sajátos értelmezése. Így joggal tételezzük fel, hogy kialakul a gyerekekben valamilyen előzetes kép az elektromos mennyiségek jelentéséről is. A helyzet itt is olyan, mint a korábban már tárgyalt súly és tömeg fogalom pár esetében, amelynél szinte közhelyszámba megy, hogy mennyire nehéz e fogalmak szétválasztása, tisztázása a tanítás során, hiszen a mindennapi életben a két mennyiség nevét egymás szinonimájaként használják az emberek. A feszültség és áramerősség esetében egyfelől egyáltalán nem nyilvánvaló a fizikatanárok körében a fogalmak keveredése, ennek megfelelően sokkal kevesebb gondot is fordítanak általában a fogalmak tisztázására, szétválasztására. Ugyanakkor tapasztalataim szerint e fogalmak keveredése még az tömeg-súly fogalompárnál is mélyebb, és makacsabb probléma.

Kezdeti lépésként, e probléma elemzése céljából azt kértem a gyerekektől, hogy mondják el, mit jelent nekik az a szó, hogy „áram”, „áramlás”, illetve az, hogy „feszültség”. Itt is a diagnosztikus beszélgetés módszerét alkalmaztam. A következő szómagyarázatok voltak a legáltalánosabbak:

áram, áramlás:

- sok apró dolog, egy irányba mozog;
- sok ember egyfelé halad;
- a víz áramlik a folyóban;
- a levegő „áramlása”, vagyis a szél.

feszültség:

- amikor valaki nagyon ideges;
- amikor nem tudok mit kezdeni magammal, feszült vagyok.

A példákból is látható, hogy míg az áramlással kapcsolatos gyermeki értelmezés mögött meghúzódó kép valamilyen tárgyak, testek, tényleges áramlását írja le, mondhatjuk, hogy materiális alapokon nyugszik, addig a feszültség fogalom inkább absztraktabb, elvontabb, érzésekhez, hangulathoz kötődik. Ha a szakirodalomból és saját tapasztalataimból nem tudnám, már ebből is arra lehetne következtetni, hogy a nehezebben „emészthető” fogalom az elektromos mezőt munkavégzés szempontjából jellemző feszültség fogalom lesz majd.

A téma tanításának tervezése során a következő lépésként áttekintettem, hogy milyen az iskolában szerzett korábbi tudásra támaszkodhatok. Ennek a tudásnak az elemei a következők:

- Korábbi tanulmányaikból a tanulók ismernek és elvégeztek számos, az elektrosztatika témakörében szokásos kísérletet. Megfigyelték, hogy különböző anyagok dörzsölés után más tárgyakat vonzanak, taszítanak, s a mozgás előidézéséhez nem szükséges a kölcsönhatásban résztvevő testek anyagának szemmel látható érintkezése.
- A korábbi tanulmányok is hozzájárultak ahhoz, hogy van a gyerekeknek valamiféle mező-fogalmuk, amely egyfajta „távolba hatást” jelent a számukra. Az elektromos, a mágneses és a gravitációs mező fogalma a gyerekek többségében keveredik, szorosabb kapcsolatban az elektromos és a mágneses mezők állnak, általában kicsit lazább a gravitációs mező kapcsolódása ehhez a képhez⁴.
- A gyerekek rendelkeznek egyfajta anyagszerkezeti elképzeléssel, kialakulóban van az anyag részecske-szemlélete, legalábbis annyit elmondhatunk, hogy a legtöbb gyereknél bekerült a rivális elméletek közé. Az éppen formálódó korpuszszuláris anyag-képben szereplő részecskék azonban még a legtöbb gyerek elképzelésében merev golyók, amelyek nem rendelkeznek semmilyen struktúrával. Ez a részecske-kép nem alkalmas az elektromos jelenségek anyagszerkezeti magyarázatára, a részecskékekép továbbfejlesztése tehát e téma tanítását terheli.
- A korábbi fizika tanulmányok során megkezdődött a munka fogalmának kiépítése. Ez azonban egy kezdetleges munka fogalom, amelynek az a tartalma, hogyha egy test erő hatására elmozdul az erő irányába, akkor az „erő” rajta munkát végzett. Ez a kép azért használható az elektromosság tanítása során, mert azt a jelentést is hordozza, hogy munkavégzés során megváltozik a test energiája.

Amikor a munkát elkezdtem, ez volt a helyzet. Az első két évfolyam tanítási folyamatainak végiggondolása és a tanítás után azonban az iskola helyi tantervének megváltozása, a „központi” kerettanterv „bevezetése” miatt átszerveződött a tananyagstruktúra. A elektromosság tanítása a nyolcadik osztályba került, így megelőzte a hetedik kémia tananyag. Fizikában a hetedik évfolyamra került a mechanika, és szinte kizorult az anyagszerkezeti témakör. Mivel tanárként jelentős szabadságom volt a feldolgozott témákat illetően, így a saját terveimben az anyagszerkezet témakör tanítását továbbra is megtartottam. A helyzetet az elektromosság tanítása szempontjából kedvezőbbnek gondoltam, mert arra számítottam, hogy a kémiai anyag-fogalom segíti majd az elektromos alapjelenségek értelmezését. A gyakorlat sajnos mást igazolt, mert a munka során alig-alig tudtunk a kémiai anyagfogalomra támaszkodni. Ugyanakkor a gyerekek tanulási rutinjának fejlődése jobban segítette a tananyag feldolgozását. Ebben a struktúrában is alkalmaztam a kialakított didaktikai rendszert, amely e témában lényegében az előző alkalmazáshoz hasonló módon működött. A beszélgetések és feladatmegoldások során ugyanazokat a

⁴ Kivéve azokat az eseteket, ahol a testek Föld felé való mozgásáról van szó, mert ott a gravitációs és a mágneses mező keveredik leginkább.

gondolkodási folyamatokat találtam meg, amelyekkel korábban szembesültem. Így hát a változó tantervi szabályozás, amely az elektromosság témakörét nagyban érintette, átmenetileg megnehezítette ugyan a munkát, de nem zavarta meg lényegesen.

A dörzselektromosság gyermeki értelmezése

A gyermeki gondolkodás nagyon sajátos, egyéni képeket hozhat létre, s ez történik az elektromosság tanítása során is. E képek rendkívüli változatosságát az is okozhatja, hogy olyan jelenségek magyarázatára létrejövő konstruktumokról van itt szó, amelyek szinte naponta megfigyelhetők, és a gyerekek számára fontosak. A különböző távirányítók működése, a mobiltelefonálás a gyerekek mindennapjainak részét képezik, érthető tehát, hogy a magyarázatokban sok a személyes, és egyedi vonás. Ezekben a képekben az egyén előzetes tudása, tapasztalatai alapján olyan változatos konstrukciók keletkezhetnek, amelyek pillanatnyi állapota nagyban befolyásolhatja a tanuló megértési folyamatait. Ezért különösen fontos, hogy e területen feltárjuk a gyerekek magyarázatainak tartalmát. Ebben a témakörben nemcsak az órákon megfigyelt és lejegyzett gyermeki elképzelések segítettek a munkát, hanem az ezek tapasztalatai alapján szervezett egyéni interjúkon felszínre hozott értelmezések elemzése is.

A következő részletek egy 12 éves budapesti fiúval folytatott beszélgetésből származnak, amelyet egy az órákon gyakran jelenlévő főiskolai hallgató készített egy általa választott, budapesti iskolában 2004-ben. Az interjú teljes szövege a mellékletben megtalálható. (A gyerekek az interjú elkészítése idején az iskolában már foglalkoztak az elektromos kölcsönhatással.)

...

- Arra vagyok most kíváncsi, hogy mit gondolsz arról, hogy a hajad odavonzódik? (megdörzsölt vonalzóhoz) Milyen oka lehet szerinted? Mi lehet a fésűben, esetleg a hajadban, hogy a kölcsönhatás létrejöjjön?
- Energia lehet a fésűben és a hajban is.
- Ennek az energiának mi lesz a sorsa?
- Hát így vonzzák egymást.
- S azért áll fel a hajad?
- Azért.

A diák válaszából látszik, hogy az elektromos kölcsönhatásról tanult iskolai magyarázatokat az interjú nem iskolás környezetében egyáltalán nem használja, viszont megkonstruál egy energiával kapcsolatos magyarázatot. Érdemes figyelni arra, hogy az „energia” kifejezés használata egyáltalán nem a szaktudományos értelmezés szerinti, ha ezt kicseréljük az „elektromos töltés” kifejezésre, a magyarázat tudományosan teljesen elfogadhatóvá válik. A kérdés az, hogy mit is takar itt a válaszoló által „energia”-nak nevezett fogalom. Az interjúban erre a kérdésre a következő válaszok születtek:

- Ez az energia miből állhat? Hogy képezed el az energiát? Nagy tömegű valami, vagy kisebb részecskékből áll, vagy hogyan?
- Kisebb részecskékből áll.
- Milyenek ezek a részecskék?
- Mozognak.
- Van esetleg töltésük?
- Nincsen.
- Akkor hogyan alakul ki a vonzás?
- Ha részecskék szaladgálnak az energiával, akkor ... ha találkoznak, akkor vonzzák egymást.
- A részecskék között van kapcsolat?
- Nincsen.

Feltételezhető, hogy itt az „energia” megnevezés mögött már ott formálódik az elektromos töltés, a vonzás-taszítás, a kölcsönhatás fogalomrendszere, de e tudásterület jelenlegi állapotában a válaszoló még nem képes arra, hogy ezeket a fogalmakat egymástól elkülönítse. A válaszban megjelenik az energia sajátos gyermeki értelmezése, amelyben az energiát részecske természetűnek gondolják. Ebben a tanulói elképzelésben az energiát, mint valami anyagi jellegű entitást kezelik a gyerekek. Gyakran találkozhatunk azzal az elképzeléssel is, hogy a nagyobb energiájú testnek a tömegét is nagyobbak vélik, amit a részecske természetű energia hozzáadása indokol, hiszen ha valamiben több részecske van, akkor annak valószínűleg a tömege is nagyobb. Nem nehéz elképzelni, hogy erre az értelmezésre „rátanítva” milyen komoly megértési gondokkal küzd majd a gyerek.

8.3.2. A gyerekek előzetes tudásával kapcsolatos diagnosztikus vizsgálatok eredményeiről

Elektromos mező a gyermeki gondolkodásban

A különböző diagnosztikus vizsgálatok alapján elmondhatjuk, hogy a gyerekeknek nem elhanyagolható része rendelkezik valamilyen határozott elképzeléssel az elektromos mezőről (Solomonidou és Kakana 2000, 95-111 o.; Furio és mts. 2003 640-662 o.). Amikor ennek a képnek a természetéről próbáltam meg közelebbi információkat szerezni, az egyik legnagyobb probléma az volt, hogyan lehet a gyerekeket a megfelelő kérdésekkel segíteni abban, hogy belső képeiket megfogalmazzák. A legnehezebb feladatnak bizonyult azoknak a kérdéseknek a megtalálása, amelyekre a hétköznapiokban alkalmazott gyermeki elektromos mező fogalom aktivizálódhatott. A legeredményesebbnek az a kérdés bizonyult, amely a távirányító és a TV közötti kapcsolatot firtatta. Arra a kérdésre, hogy hogyan juttatja el a felhasználó „akaratát” a távirányító a készülékhez, sok megkérdozett tudott értékelhető választ adni. A beszélgetésekben a következő érdekesebb megfogalmazások hangzottak el:

Az elektromos mező olyan, mint

- valami, ami a tárgyak között hullámszik; ha valaki jelez benne (megnyomja a távirányítót) hullámszást kelt, mint a hajó a vízen, ez érkezik el a TV-hez;
- olyan, mint ha kis lövedékeket bocsátanánk ki egyik tárgyból a másikra, amikor a lövedék becsapódik, bekapsolódik a készülék;
- mindenütt ott van, de nem lehet megfogni;
- olyan, mint a víz, mindenhová „befolyik”, de nem leszünk „vizesek” tőle.

Egy csoportos beszélgetés során, amelyen három 13 éves gyerek, két lány és egy fiú vett részt, arra a kérdésre, hogy hogyan jut el a TV távirányítójából a jel a készülékre, a következő módon válaszoltak a gyerekek:

- lány1: A levegőn ugrál a jelzés
- lány2: Úgy terjed, mit a láthatatlan laser.
- fiú: Olyan, mintha kis lövedéket bocsátana ki (a távirányító).

A beszélgetés lejegyzéséből nem derül ki, hogy a második alternatívát kínáló lány számára szükséges-e valamilyen közeg a jel terjedéséhez, valamint az sem, hogy mit is ért a válaszoló a „laser” szó alatt.

Az interjú elemzése és az órai munka során is több alkalommal tapasztaltam, hogy a gyerekek megpróbálnak valamilyen gyakran hallott, általuk tudományosnak tartott kifejezés segítségével magyarázatokat alkotni. Teszik ezt természetesen a nélkül, hogy a szavak tudományos jelentését ismernék. Ezek a „köztes magyarázatok” minden esetben olyan jelenségek, fogalmak bevonását jelentik a magyarázó körbe, amelyeknek pontos

jelentését a gyerekek nem ismerik ugyan, de érzik, hogy az adott jelenség magyarázatára a szokásos mindennapi tapasztalataikra épülő hasonlatok nem lesznek megfelelőek. Ilyen magyarázó fogalom a laser, láthatatlan fénysugár, elektromosság (mint valamilyen ernyőfogalom), elektronika, áram, jel, infra, sugárzás, radarhullámok, stb. Minden ilyen szó használata mögött van valamilyen elmélet, azonban ezeknek az elméleteknek a felszínre hozása csak nagyon ritkán sikerült.

Az osztálykeretben folytatott feltáró beszélgetés tapasztalatai alapján szerveztem azt az interjúsorozatot, amelynek eredményeit munkám során elemzem. (Az interjúkhoz készített segédanyag a 17. számú mellékletben található.) Ennek egyik kérdéscsoportja a gyerekek elektromos mezővel kapcsolatos elképzeléseinek alakulását vizsgálta. Amikor az interjúkban arra került a sor, hogy megkértük a gyerekeket, próbálják meg elképzelni, hogy az előbb említett „magyarázó” fogalmakkal megnevezett „valami” (elektromos mező) leginkább mire hasonlít, milyen tulajdonságai vannak szerintük, akkor a megkérdezett 25 gyerek válasza a következő módon oszlottak meg:

21. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása a „Hogyan jut el a jel a távirányítóról a TV-hez?” kérdés esetében

	Tárgyak között hullámzik	Kis lövedékhez hasonlít	Láthatatlan fénysugár	Olyan, mint a víz	Levegőt továbbítja, azon „ugrál”	Nem választott
Válaszolók száma	13	5	4	1	2	1

Feltételezhető, hogy a gyerekek válaszaik mögött még egyik esetben sem a tudományos igényű fogalmak rejlenek, ezek inkább valamilyen előképei a majdani tudományos igényű magyarázatoknak. A gyerekek számára azonban ezek az előképek aktuálisan magyarázó erővel bírnak, működésük során megerősödhetnek, pontosabbá válhatnak vagy éppen el is tűnhetnek majd. Minden esetre az valószínűnek látszik, hogy vannak ilyen előképeik, és akár érinti az iskolai tanítás az elektromos mező fogalmát, akár nem, az mindenképpen alakul a gyerekek gondolkodásában.

8.3.3. A tanítási folyamat és az eredmények

Prioritások a tananyagban, az elektromos mező fogalma

A tanítás során az első fontos lépés az volt, hogy kijelöltem a tananyagban a prioritásokat. Ez a legfontosabb fogalom kiválasztását is jelentette. A tanulási folyamat alapját a feszültség, mint az elektromos mezőt munkavégző képessége szempontjából leíró mennyiség képezte. Ez azt is jelentette, hogy a fogalom alakítás során az elektromos mező fogalmat használtuk és annak munkavégző képessége a kiindulási alap. Ezt nemcsak szakmai megfontolások támasztották alá, hanem az is, hogy diagnosztikus vizsgálataim alapján meggyőződtem arról, a gyerekek jelentős részében megkezdődött egy mező fogalom alakulása.

Mivel az elektromos jelenségek, és később majd az elektromos áram értelmezése miatt, a dörzselektromos jelenségek vizsgálata már nem lesz elegendő, értelmezni kellett a fémek elektromos állapotát. Ehhez szükség volt a fémek egy kezdetleges, az áramvezetést azonban megfelelően értelmezhetővé tevő anyagszerkezeti modelljének kialakítására. E célból fel kellett bontani a golyó-modell alapját képező strukturálatlan golyókat, és be kellett vezetni az elemi részekkel kapcsolatos legalapvetőbb ismereteket. A részecsképek felbontása nem okozott nehézséget, mert a legtöbb gyerek már amúgy is ismerte az elemi részek nevét, vagy legalábbis hallotta már valamelyiket, s a legtöbb gyerek számára

teljesen természetes dolog az, hogy a tárgyak összetettek, részekre bonthatók⁵, s ez az anyagot alkotó részecskék esetében is minden esetben így van. A legnehezebb feladatnak a fémek összetartó, ugyanakkor belsejében „szabadon elmozduló” elektronok értelmezése bizonyult. Ez nem is csoda, hiszen ennek megértése a gyerekek aktuális tudása alapján nehezen képzelhető el. A problémát azonban a fizika tanítása során nem tudtam jobban kezelni, bízom abban, hogy a kémia tantárgy tanulása során tisztázódhatnak majd az itt nyitva maradt kérdések.

Az anyagszerkezeti kitérő után az elektromos megosztás jelenségét kihasználó kísérletek segítségével értelmeztük az elektromos mező munkavégző képességét. A két fémlemezke közé függesztett fémharang elmozdulását vizsgáltuk annak hatására, hogy az egyik lemezhez feltöltött műanyag-rudat érintettünk. A fémharang mozgásának magyarázatára az anyagszerkezeti- és az elektrosztatikai alapismeretek alkalmazásával kellett a kísérletet csoportokban elvégző gyerekeknek magyarázatot találniuk. A csoportokban zajló elméletalkotás hasznos módszernek bizonyult a tanítás során, mert a korábban tanultakkal kapcsolatosan sok olyan egyéni értelmezési probléma részleteibe adott betekintést, amelynek tisztázása minden csoport munkáját továbbléptítette. A csoportok a harang mozgására, és a kísérletben alkalmazott földelés szerepére hosszabb-rövidebb próbálkozás után jó magyarázatot adtak, azonban azzal a kérdéssel, hogy miért mozdul ki a fémharang nyugalmi helyzetéből, nem boldogultak. Megértették viszont, és a továbbiakban viszonylag jól alkalmazták a kérdésre adott magyarázatot.

A tudományos magyarázat interiorizációjának nehézségei

A munka során rendkívül érdekes jelenségre figyeltem fel. A magyarázatot a csoportoknak a tanítási órán kellett kitalálni, és ott el is mondták. A munkát figyelve, és a csoportok beszámolóját hallgatva megállapítható, hogy minden gyerek részt vett a munkában, és a csoportnak feltett tanári kérdésekre a legtöbb esetben bármelyik csoporttag tudott elfogadható választ adni. Az órai teljesítmény alapján úgy tűnt, hogy a gyerekek megértették a tanultakat. A magyarázat írásbeli rögzítését házi feladatnak adtam. A gyerekek többsége el is készítette a házi feladatot, azonban több olyan csoport is akadt, amelynek tagjai által önállóan elkészített házi feladatai között egyetlen egy sem tükrözte az előző órán elhangzott csoportmagyarázat egyetlen részletét sem, vagyis egyszerűen nem volt megfelelő. Ez a jelenség elgondolkodtató, s mivel nem egyedi, hanem a kísérletbe bevont osztályok mindegyikénél, igaz különböző mértékben, de megjelent, különösen a második tanítási egység során, érdemes elgondolkodni a jelenség okán. Először is le kell szögezni, hogy nem pusztán arról van szó, hogy a gyerekek egyszerűen „nem írtak leckét”, és az óra előtt valamit papírra vetettek (noha nyilván ilyen tanuló is előfordulhatott az osztályokban). Sokkal inkább elképzelhetőnek tartom, hogy a tanítási órán a csoporttagok jelenléte, a frissen tanult ismeretek, az iskolai környezet, és a tanári tevékenység együttese valamiféleképp azt eredményezte, hogy a rivális elméletek közül a tanítani kívánt aktivizálódott, és lépett működésbe. A házi feladat megírásakor a körülmények mások, más ismeretstruktúrák aktivizálódnak, így születnek a tudományos igényűnek egyáltalán nem mondható magyarázatok.

E jelenség megértése azért nagyon fontos a tanítás eredményességének biztosítása szempontjából, mert arra enged következtetni, hogy amit az iskolában megtanítunk/tanítunk a gyerekeknek lényegében ilyen hatásoknak van kitéve. Ha nem fordítunk gondot arra, hogy az új elmélet, ismeret ténylegesen a tanulók tudásává váljon,

⁵ Az a természetesség, amellyel a gyerekek a részecskék felbonthatóságát fogadták, előrejelzi, hogy milyen nehéz feladat vár majd az atomfizikára és a kémiára, amikor az ott alapvető ismereteket kívánják majd megtanítani.

könnyen háttérbe szorul ismét az iskolában nehéz munkával kialakított elképzelés. Ez a tapasztalat egyben a munkám egyik általánosítható eredményét is jelenti, és felhívja a figyelmet arra, hogy az eredményesség szempontjából az első megértésen túl szükség van arra, hogy a tanulnak számos szituációban újra és újra „vizsgázzanak” és megerősödve épülhessenek be maradóan a világról alkotott egyéni konstrukciókba. Azonnal felveti viszont azt a manapság sokat hangoztatott elképzelést, hogy ehhez sokkal kevesebb tananyagot szabad csak beválogatnunk a mindenki számára kötelező oktatás tartalmi közé. A jelenlegi, „mindenből egy kicsit elv” csak azoknak a tanulóknak kedvez, akiknek értelmezési keretei a tanítási akció nélkül is a tudományos elképzelésekkel azonos, vagy azokhoz nagyon közelálló. A többség esetében remény sincs arra, hogy a megszerzett tudás elmélyüljön, és alkalmazható ismeretökké váljon.

A jelenséggel kapcsolatos tisztázási folyamatok után vezettem be a feszültség mennyiségét, és sor került az első szakasz témájának lezárására. Az egység tanítására összesen nyolc órát szántam, és az első hat óra után írtuk meg a diagnosztikus felmérést. Ebben a tesztben az elemi tények, információk, a tanult mennyiségek jelei, illetve mértékegységek mellett szerepelt egy, a megértés lényegét firtató feladat is. Ebben a feladatban a korábban említett kísérleti eszköz rajza szerepelt, de nem volt a képen a lemezek közé belógó fémharang. Az egyik lemezhez feltöltött műanyag rudat érintettünk, a másik lemez pedig le volt földelve. A lemezeken nagybetűkkel megjelöltünk pontokat (egy pont a „földön”, három a vele összekötött, eredetileg töltetlen lemezen, három pedig a feltöltött lemezen helyezkedett el.) A gyerekeknek meg kellett adniuk azokat a pontpárokat, amelyek között nincs, és azokat, amelyek között van az elektromos mezőnek munkavégző-képessége. A 46 tanuló között mindössze egyetlen olyan akadt, akinek a megoldásában csak a földelés szerepének értelmezése okozott kisebb gondot. A legtöbb gyereknél vegyesen szerepeltek jó és rossz válaszok, néhány esetben kevés számú, de jó válasz volt. A gyerekek túlnyomó többsége megpróbálkozott a válasszal.

Felmerülhet a kérdés, hogy milyen szerepet szántam a diagnosztikus tesztben azoknak a kérdéseknek, amelyekre a választ „meg kellett tanulni”. Véleményem szerint a tanultak reprodukálása csak részben tekinthető memória-próbának. A pontos emlékezés, felidézés fontos feltétele a megértés, és az ilyen kérdésekre születő „rossz válaszok” sok információt szolgáltathatnak a gyermeki gondolkodás alakulásáról. Természetesen a reprodukciós válaszokat mindig különös kritikával kell kezelni a megértés szempontjából.

A tesztek többségében azt tapasztaltam, hogy az emlékezést, a megtanult ismereteket számon kérő kérdésekre gyengébb válaszok születtek, mint a megértést vizsgáló feladat esetében. A kísérletbe bevont gyermekek száma miatt óvakodnék itt az általánosítástól, de a jelenség mindenképp további vizsgálatot érdemel.

A kijavított munkákat a gyerekek visszakapták, a hibákat közösen megbeszéltük, elemeztük, kijavítottuk. A munka csoportokban folytatódott, amely csoportok szerkezete az eredeti csoportokéhoz képest csak kisebb részben módosult. A változtatásokat a tesztben nyújtott teljesítmények indokolták volna, mivel azonban a hibák alapján nem látszott szükségesnek új csoportokat alakítani, ezért ettől itt eltekintettem.

A korrekcióra szánt mintegy két tanítási óra után megírt témazáróban a gyerekek viszonylag jól teljesítettek, a megértésre vonatkozó kérdések megválaszolásában is.

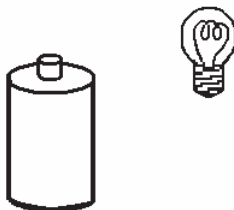
8.3.3.1. Az elektromos áram és a zárt áramkör megértését segítő stratégia és az eredmények

A téma tanulása során a következő lépés az elektromos áram, az áramerősség és a zárt áramkör fogalmának kialakítása volt. Ennek során támaszkodhattam az áramlással

kapcsolatosan korábban bemutatott gyermeki elképzelésekre, „csak” azt kellett tisztázni, hogy mi az, ami az elektromos áram esetében mozog, és minek a hatására következik be az áramlás.

A szakirodalomból tudjuk azt is, hogy az elektromosság témakörének tanítása során a legtöbb tipizálható, sajátos értelmezés a zárt áramkör fogalom alakulásával, illetve a feszültség és áramerősség fogalmának azonosításával kapcsolatos (Shipstone, 1985 33-51; Driver és mts. 1994; Kibble, 1999; Küçüközer és Kcakulah, 2007). Ezt a tényt saját korábbi vizsgálataim eredményei is messzemenően igazolták, ezért munkám legnagyobb részében erre a csomópontra koncentráltam (Wagner 2000, 2002).

22. ábra: Feladat az áramkörrel kapcsolatos előzetes tudás vizsgálatához



Hatodik osztályban megkértem a gyerekeket, egészítsék ki az itt a 22. ábrán látható rajzot vezetékekkel úgy, hogy az izzó világítson. Ehhez megállapodtunk abban, hogy a vezetékeket egyszerű vonalakkal szimbolizálják. (A feladatra adott tipikus tanulói válaszok a mellékletben találhatók M 15.) A következő táblázatban az egyik, a kutatásba bevont osztály tanulói által adott válaszok megoszlását mutatom be a szakrendszerű tanulás megkezdése előtti időszakból. A feladatra adott válaszok azért nagyon fontosak, mert a jelenleg Magyarországon forgalomban lévő fizika tankönyvek abban a szemléletben íródtak, hogy a 12-13 éves gyerekekben már kialakult a zárt áramkör fogalma. A gyerekek válaszaik alapján azt mondhatjuk, hogy ez az elképzelés a munkába bevont osztályok esetében nem állja meg a helyét, mert szinte alig volt a rajzok között „helyes válasz”.

23. táblázat: a gyerekek válaszaik megoszlása a zárt áramkör fogalmát vizsgáló feladatra adott válaszokban

	Zárt áramkör													
	Értelmezhetetlen válasz		Nincs kör		Nincs vezeték, hozzáért		Egy vezeték van		Két vezeték, izzón nem megy át		Jó		Egyéb	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
2000/2001 6.a			1	3,8	12	46,2	5	19,2	3	11,5	4	15,4	1	3,8
2000/2001 6.b	4	16,0			3	12,0	6	24,0	2	8,0	10	40,0		

A táblázatból is látható, hogy bár a gyerekek az iskolában még nem állítottak össze áramköröket, vagyis e témát tanítási akció korábban nem érintette, a feladat megválaszolása egyáltalán nem jelentett különösebb gondot számukra. Az is azonnal jól látszik, hogy milyen óriási különbség van a két osztály tanulói által adott válaszok megoszlása között. Amíg az „a” osztályban a gyerekek túlnyomó többsége egyszerűen azt a mozzanatot rajzolta le, amikor egy elemhez egy izzót hozzáértve kipróbáljuk azt, hogy az izzó világít, addig a „b” osztály tanulói közül ezt a megoldást alig választották, és a

jóval több, mint 1/3 része már a tudományos elméletnek megfelelő módon válaszolt a kérdésre. Ráadásul nyilvánvaló, hogy az izzó hozzáérintéssel való kipróbálása az ábrázolt elem esetében nem is lehetséges, csupán zsebtelep használata esetében, ahol a kivezetések elhelyezkedése lehetővé teszi az izzó vezeték nélküli működtetését.

Amikor a tanítási folyamat tervezésekor ilyen nagy különbséget találtam két tanulócsoport között, mindig különösen fontos volt számomra, hogy megpróbáljam kideríteni, milyen korábbi tapasztalatok állhatnak a különbözőség mögött. Az adatokból egyértelmű volt számomra, hogy még egy iskola adott évfolyamának két párhuzamos osztálya között is milyen jelentős eltérések lehetnek egy kérdés értelmezése esetén. Ha tényleges, értő tanulást szeretnék, nem tervezhetem meg a tanítási folyamatot ennek figyelembe vétele nélkül.

Ebben az esetben a kérdéshez kapcsolódó tisztázó megbeszélések során, az első osztályban tanuló gyerekek elmondták, hogy azért készítettek vezeték nélküli rajzot, mert erdei iskolában, táborban így próbálták ki az izzókat, vagyis beletették a rúd alakú elemlámpába, ha világított, akkor az izzó jó volt. E közben a művelet közben egyáltalán nem volt szükségük vezetékekre, hiszen az áramkör bezáródását a lámpa testébe épített szerelvény végezte. Feltételezhető, hogy mivel az erdei iskola időben közeli élmény volt, így e feladat kapcsán a gyerekekben fel sem merült, hogy az elemnek két pólusa van.

A másik osztállyal folytatott megbeszélésem, ahol többen a tudományos elképzelésnek megfelelő választ adták, sokan elmondták, korábban gyakran játszottak különböző elektromos szerelőjátékokkal. Ezekhez vezetékek is tartoznak, és így ők a gyakorlatban tapasztalhatták, hogy egy ilyen egyszerű áramkör működéséhez két vezeték kell. Mivel az ilyen típusú játékokat játszóknak elsősorban a fiúk közül kerülnek ki, megvizsgáltam a válaszok nemek szerinti eloszlását. A helyes válaszokat megvizsgálva kiderült, hogy az 51 válaszadó között 25 % válaszolt helyesen a kérdésre, ezek mind a fiúk közül kerültek ki. (23. táblázat) Feltételezhető tehát, hogy a gyerekek korábbi játékaik során szerzett tapasztalatai segítettek a tudományosnak megfelelő válasz megadásában.

24. táblázat: A zárt áramkörrel kapcsolatos válaszok megoszlása nemek szerint

	Értelmezhető választ		Nincs kör		Nincs vezeték, hozzáért		Zárt áramkör Egy vezeték van		Két vezeték, izzón nem megy át		Jó		Egyéb	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Nincs adat											1	100,0		
Fiú	1	3,3	1	3,3	9	30,0	3	10,0	3	10,0	13	43,3		
Lány	3	15,0			6	30,0	8	40,0	2	10,0			1	5,0

A beszélgetések során szinte mindig felvetette valaki, és komoly fejtörést is okozott a gyerekeknek, hogy a környezetünkben általánosan használt elektromos eszközökhöz mindig csak egy vezeték vezet. Néhányan azt mondták, hogy számos esetben biztosan elég egy vezeték is, néhányan pedig azt gondolták, hogy az a vezeték csak látszatra egy, belül több huzalnak kell lenni. Ezt a kérdést a továbbiakban a tanítás során mindig tisztáztuk. A gyerekek megvizsgálták használaton kívüli vezetékeket, hogy megfigyelhessék az azokban futó fémhuzalokat.

Elektromos áram a gyermeki gondolkodásban

Mint azt a korábbi feladatra adott válaszok elemzése kapcsán láttuk, a zárt áramkör fogalmával kapcsolatosan már többen rendelkezhetnek a tudományos képnek megfelelő elő-fogalommal, ez a kép még sok további, a tudományos elképzelésekkel össze nem

egyezteteth elemet is hordozhat. A következő interjúrészlet egy 11 éves budapesti kisfiúval folytatott beszélgetésből származik, amelyben a távirányítós autó működésével kapcsolatos gyermeki magyarázatokat próbáltam meg feltérképezni. A gyermek arra a kérdésre válaszolva, hogy „Szerinted hogyan működik az autó?” elmondja, hogy az áram működteti az autót. Arra a kérdésre, hogy milyen az áram a következő módon válaszol:

- Ha láthatóvá tennénk az áramot, hogyan képzelné el?
- A fémzálakban kicsi áramgömbök futnak.
- Honnan vannak ezek az áramgömbök?
- Az elemekből és a konnektorból.
- Mi történik velük?
- Az áram a távirányítón keresztül az autóba megy, és ott eltűnik. Ezért fogy ki az elem.

A gyermek megfogalmazásában pasztikusán érzékelhető az elektromos áram forrás-fogyasztó elképzelése, mely szerint a fogyasztók (jelen esetben az autó) működésük során „elfogyasztják” az áramot képező részecskéket. Ez az elképzelés a gyermek számára teljesen megnyugtató módon magyarázza meg azt a mindennapi tapasztalatot, hogy a különböző játékokban használatos elemek egy idő után már nem képesek tovább működésbe hozni az eszközöket. A gyermek a számára legkézenfekvőbb magyarázatot alkotja meg, nevezetesen az elemből elfogy az áram. Ebben a képben lehetséges, hogy az áramkör már zárt, vagyis az e szerint az elmélet szerint gondolkodó gyerek az előző feladatra a tudományosnak elképzelésnek megfelelően válaszolhat. Ezzel az elképzeléssel nemcsak az a probléma, hogy az áramot nem a tudományos elképzeléseknek megfelelően értelmezi, hanem az is, hogy a feszültséget és az áramot azonosítja, és ellentmond az anyagmegmaradás elvének is. Ha tanítási akció nem tárja fel az elképzelést, és nem tisztázzuk a keveredő fogalmakat, ez a magyarázat rögzülhet is. Ha ezt az elképzelést továbbgondoljuk, komoly értelmezési problémákkal küzdhet a gyermek az anyag- és az energia megmaradással kapcsolatos kérdések megválaszolása során.

Az elektromos áramnak az elektronok mozgásával való leírásának elfogadása a gyerekek többsége számára nem okozott problémát. Ennek valószínűleg több oka is van. Talán a legfontosabb ezek közül az, hogy már eleve ehhez hasonló előzetes kép alakul ki a gyerekekben az árammal kapcsolatban. Hozzájárulhat az anyag részecskemodelljének megtanulása, ami általában könnyen feldolgozható, és hatékony elméletnek bizonyul. Annak megértése sem jelentett gondot a gyerekeknek, hogy a töltéssel rendelkező részecskék mozgását elektromos hatás, lényegében valamilyen elektromos mező okozza.

Ezen a ponton azonban a használatos elemek, és más áramforrások működésével kapcsolatban rengeteg értelmezési probléma merült fel. Egyrészt nem volt érthető számukra, hogy egy elem milyen módon képes kémiai kölcsönhatás segítségével elektromos munkavégző-képességre szert tenni. Másrészt, akinek ez látszólag nem okozott gondot, arról később kiderült azért, mert az elemet „áramforrásként” úgy képzelte el, hogy folyamatosan újabb és újabb elektronokat bocsát az áramkörbe. Ebben az elképzelésben az elem kimerülése azt jelenti, hogy teljesen elfogynak belőle az elektronok, amelyeket az áramkörökbe bekapcsolt fogyasztók ténylegesen „elfogyasztanak”. Ennek az elképzelésnek az alapján azt is „ellentmondásmentesen” megmagyarázták, hogy miért van mindig „áram a konnektorbán”, és miért kell újra és újra megvásárolni, vagy feltölteni az egyenáramú áramforrásokat.⁶ A következőket egy nyolcadikos lány mondta el, lejegyzése az óra után, emlékezetből történt.

- Most már értem, miért van mindig áram a konnektorbán!
- Miért?
- Mert ott váltakozó áram van! Az egyenáramú áramforrásból egyszer elfogynak az elektronok, hiszen onnan csak kifelé jöhetnek! A konnektorbán váltakozó áram van, ami azt jelenti, hogy

⁶ A váltakozó árammal kapcsolatos magyarázat a nyolcadik osztályban került elő, amikor a gyerekek megismerkedtek a váltakozó áram fogalmával. Érdekes azonban, hogy az addig rejtőzködő gyermek értelmezés milyen erővel robbant ekkor a felszínre.

az elektronok hol az egyik, hol pedig a másik irányban mozognak. Vagyis egyszer a konnektorból kifelé jönnek, egyszer meg visszafelé mennek! Ezért nem fogy el az áram a konnektorból!”

Ez a rövid idézet is alátámasztja, hogy valóban, a tanulók sajátos konstrukciókat hoznak létre a jelenségek magyarázata érdekében, nem mondhatjuk el, hogy a mégoly gondosan tervezett és kivitelezett tanítási folyamat minden diáknál a tudományos igényű elméletet alakította volna ki. Egy azonban jól látszik a gyermeki elméletből. A tanításban használt különböző modellekből a gyermeki elme egészen újakat is konstruál, és a szóban forgó diák maga alkotott magyarázatot tapasztalatainak értelmezésére. A konstrukciós folyamatok tehát zajlanak, kérdés csak az, hogy felszínre tudjuk-e hozni részleteiket, és elég hatékonyak vagyunk-e a kívánt irányba való terelésük tekintetében. Mindenesetre azt megállapíthatjuk, hogy a tanítás során nem sikerült megfelelő képet kialakítani a gyerekekben az áramforrások működéséről. Ez a kérdés nemcsak az elektromosság témaköre miatt fontos, hanem alapvető szerepet játszik az energia-fogalom alakulása szempontjából is. A kutatás kezdeti fázisában ez a kérdés nem tűnt túlzottan fontosnak, azonban a későbbiekben több gondot fordítottam erre a kérdésre, azonban átitott sikert ezen a területen nem értem el. A kérdés azért is fontos, mert az energia-fogalom megfelelő alakítása érdekében ez a feladat nem elkerülhető.

A zárt áramkör fogalma

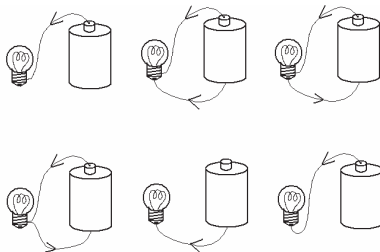
A zárt áramkör fogalmának további alakítása egy elektromos fekete-doboz feladattal indult. Ennek az volt a lényege, hogy egy dobozban bizonyos pontokat fémhuzalokkal összekötöttünk, másokat pedig nem, és úgy kellett a gyerekeknek kideríteniük, hogy mely pontok vannak kapcsolatban és melyek nincsenek, hogy nem nézhették meg a doboz belsejét. A doboz tetején egymástól látszólag független, fémgombokat lehetett látni. A munkához mindenféle eszközt felhasználhattak, ami csak a teremben volt. A legtöbb csoport elemet, izzót és vezetékeket használt a kísérlethez, és abból következtettek a kapcsolatra, hogy az izzó mikor világít és mikor nem. A feladat megoldása során az jelített problémát, hogy hogyan lehet olyan módon vizsgálni a pontpárokat, hogy egyetlen kapcsolat se maradjon ki. Ez inkább egy kombinatorikai feladat, azonban több csoportnak nehézséget okozott, és csak a harmadik doboz esetében tudták az összes kapcsolatot megtalálni, noha a feladat megoldásához szükséges, fizikával kapcsolatos tudásnak mindvégig a birtokában voltak. A feladat megoldása során a gyerekek először próbálgattak, s csak a további feladatok esetében próbálták meg rendszerezni a kísérleteket. Ez a tapasztalat egybevág *Csapó Benő* által vizsgált kombinatív képesség fejlődésével kapcsolatos eredményekkel, hiszen a gyerekek annak a tanulási szakasznak az elején vannak, ahol már megjelenik a kombinatorikai feladatok megoldására szolgáló séma (Csapó, 2001).

A feladat megoldásának rögzítésére szolgáló feladatlapra minden tanulónál jó megoldások kerültek, de arra a kérdésre, hogy milyen elvet alkalmaztak a feladat megoldása során, már csak segítséggel tudtak válaszolni. Ez a jelenség arra irányította rá a figyelmet, hogy az ismeret alkalmazása, és a háttértudás pontos megfogalmazása nem feltétlenül haladnak egymással párhuzamosan. Sokszor nehezebb a magyarázatokat megfelelő szavakba önteni, mint egy-egy helyzetben megoldani a problémát. Mivel az értelmes tanulás szempontjából fontosnak tartom, hogy a tanulók tisztában legyenek azzal, hogy mit miért tesznek, a további munka során is figyeltem arra, hogy gyerekek megfogalmazzák, milyen törvényt, összefüggést, stb. alkalmaztak egy adott feladat megoldása során.

A zárt áramkör fogalom alakulásának nyomon követésére használtam az irodalomból ismert tesztfeladatokat. Az eredetileg a soros és párhuzamos kapcsolás megértésére szánt gyakorló feladatok megoldása során is számos esetben kerültek felszínre a zárt áramkör értelmezésével kapcsolatos problémák. (Ezeknek a feladatoknak a bemutatása később történik.).

A tanulási folyamatban a korábban bemutatott vizsgáló feladatnak egy kibővített, feleletválasztós változatát használtam a gyerekek tudása aktuális állapotának felmérésére. A rajzon (24. ábra) már az elektromos áramot alkotó részecskék mozgásának irányával kapcsolatos lehetséges válaszok is szerepeltek az alternatívák között.

25. ábra: Zárt áramkör fogalmának alakulását vizsgáló feladat.



Ezt a feladatot két osztály esetében a tanítási folyamatban használtam fel diagnózisa, másik két osztály esetében a témazáró feladatlapon szerepelt. A 25. táblázat azoknak a gyerekeknek az eredményeit mutatja, akiket, még nem a teljes tanulási időszakban vettek részt a didaktikai rendszer kipróbálásában.

26. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása a zárt áramkör fogalmát vizsgáló feladatnál

	Mikor világít az izzó? (feleletválasztós)							
	Izzóba felül		Elektronok az izzóba mennek		Jó válasz		Izzóba alul	
	sorszám	%	sorszám	%	sorszám	%	sorszám	%
1999/2000 8.a			11	84,6%	2	15,4%		
1999/2000 8.b	1	3,8%	5	19,2%	18	69,2%	2	7,7%

Ahogy az a 25. táblázat adataiból jól látható, az egyik osztályban az addigi tanítás sikeresnek mondható, amíg a másik osztály esetében nem ez a helyzet. Igaz ugyan, hogy az adatfelvételre olyan időszakban került sor, amikor az első osztályból viszonylag sokan hiányoztak, azonban az izzót elektronfogyasztóként értelmező lehetőséget választók aránya így is nagyon magas. Ez azt mutatja, hogy ebben az osztályban lehetett valami olyan értelmezési háttérprobléma, amely a tervezés és a tanítás során elkerülte a figyelmemet. Ez az eredmény is arra ösztönzött, hogy munkám során a párhuzamos osztályok esetében sem kell feltétlenül mindig ugyanazt a stratégiát alkalmazni, hanem a lehető legjobb próbáljak meg igazodni az adott közösség gondolkodásmódjához.

Egyszerű áramkörök, Ohm törvénye

A tanítási folyamat során a következő lépés az egyszerű áramkörökkel kapcsolatos ismeretek és Ohm törvénye volt. Ebben a szakaszban sok olyan feladatot használtam, amelyeket a hagyományos iskolai tanítás keretében is megoldanak az osztályokban. A

feladatok kiválasztásánál azonban azt tartottam szem előtt, hogy a csoportokban dolgozó gyerekek a nekik megfelelő tempóban haladhasanak tovább, ne legyenek „üresjáratok”, ugyanakkor alapvető kérdésekben a lehetőség szerint minden fontos elem tisztázódjék. A feladatokat úgy választottam ki, hogy olyan problémahelyzeteket, szituációkat dolgozzanak fel a tanulók, amelyeknek a megoldása számukra valamilyen szempontból izgalmas lehet.

Az egyik feladat, amely a gyerekek körében nagy sikert aratott, a teremvilágítás kapcsolási rajzának elkészítése volt. A rajzot a megfigyelhető működés alapján kellett elkészíteni. A teremben négy külön kapcsolóval működtethető világítótest sor volt, ezek közül háromban 4-4, egyben pedig két világítótest működik egyidejűleg. (A valóságban, ha egy-egy világítótest éppen nem működik az egyes körökben, a többi azért világít, de a feladat egyszerűsítése szempontjából ezt a rajz elkészítésekor nem kellett figyelembe venni. A feladat kiadásakor mindig figyeltem arra, hogy a téma tanulásakor minden világítótest valóban üzemeljen is.)

A gyerekek nagy érdeklődéssel próbálták meg elképzelni, hogy hogyan haladhatnak az egyébként falon kívül vezetett burkolat alatt a vezetékek. A feladat megoldása során voltak olyanok akik, az egyik kapcsolóhoz tartozó világítótestekből valóban megéptették a teremvilágítás modelljét, majd a második kör modellezése után már felrajzolták a teljes hálózatot. Mások elméletben próbálták megoldani a feladatot. Mindkét megközelítési mód hozott jó megoldásokat, és mindkettő szerint dolgozó gyerekek között voltak olyanok, akiknek nem sikerült a feladatot önállóan megoldani. Ismét felvetődött a kérdés, hogy vajon egy vezetéket rejt-e a burkolat, vagyis csak „oda vezet” az áramot, vagy nem. Ez egyébként, ahogyan azt már korábban is említettem, az hétköznapi életben használt elektromos eszközök esetében is felmerült, hiszen az elektromos készülékekből egy vezetéket kell a hálózatba csatlakoztatni. Noha korábban már volt erről szó, most ismét akadtak olyan gyerekek, akikkel tisztázni kellett a kérdést. Feltehetőleg ezek a gyerekek a korábbi, általam akkor tisztázónak hitt megbeszélésekor még nem voltak abban a helyzetben, hogy értelmezni tudják az órai magyarázatot.

E feladat megoldása arra is ráirányította a figyelmemet, hogy ezzel a feladattal a zárt áramkör fogalmával kapcsolatos tudományostól eltérő gyermeki értelmezések kerülhetnek ismét a felszínre. Ebben a feladatban ugyanis összetettebb áramköröket kellett elképzelniük és ábrázolniuk a gyerekeknek, mint korábban, és a feladat bonyolultsága miatt az áramkör zártságnak feltétele ismételt értelmezést igényelt. Sok ábrán a fogyasztók felé csak egyetlen vezetéket rajzoltak a gyerekek, ami arra utalt, hogy a legnagyobb gondossággal megtervezett tanulási folyamat ellenére is még akadnak, akikben a zárt áramkör fogalma csak bizonyos szituációkhoz kötve működött. Ezeket a rajzokat a magyarázatok, megbeszélések során elemeztük, megmutattam a gyerekeknek, hogy az általuk készített rajzokban nem tudnak „körbe” mozogni az elektronok. A magyarázatokat a gyerekek elfogadták, és a rajzokat „műveiket” általában önállóan, vagy csoportban javították. A bemutatott rajzok működését megértették, sőt nagyon érdekes beszélgetések alakultak ki a hibakeresés során. A legtöbb gyerek azt is meg tudta ítélni, hogy azok az áramkörök, amelyek nem a terem-világításnak megfelelően működnek, hogyan üzemelnek/üzemelnének a valóságban.

A másik feladat, amelynek megoldása sok tapasztalatot szolgáltatott, az volt, hogy a gyerekeknek egy szövegesen elmondott működést teljesítő áramkör kapcsolását kellett elkészíteniük. Itt két feladatot is használtam, az egyik összetettebb, a másik egyszerűbb. Megfelelő előkészítés után a gyerekek a két feladat között választhattak. Az egyik esetben egy vízgyűjtő tartály telítettségét jelző áramkör tervét kellett elkészíteni, a másik egy nővérhívó berendezés kapcsolási rajza, amely négy betegszobából egyetlen csengő megszólalásával, és a szobáknak megfelelő izzó kigyulladásával jelzi a nővérszobában a betegek hívását.

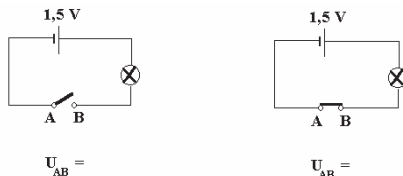
A tanítás során mindegyik tanuló megoldotta valamelyik feladatot, voltak olyanok is, akik mind a kettőt. Az önálló áramkör-tervezés során itt is gyakori hibaként köszönt vissza, hogy az egyes áramköri elemeket nem kötötték be az áramkörbe, ami a rajzokon úgy tükröződött, hogy egyetlen vezetékkel kötötték csak az izzót az áramkör többi részéhez. Itt ismét visszaköszönt a zárt áramkör fogalom problémája, összetettebb feladathelyzetben ismét értelmezni kellett a tanultakat. A feldolgozás során azonban minden egyéni hibát ki tudtunk javítani, és a megbeszélések után a gyerekek korrigálni tudták a rajzokat. A későbbiekben azt tapasztaltuk, hogy ez a tudás eredményesen beépült a gyerekek gondolkodásába, és a zárt áramkör fogalmának kialakítását sikeresnek mondhatjuk.

8.3.3.2. A feszültség és az áramerősség fogalmi differenciálódását segítő stratégia és az eredmények

Az elektromosság témakörének a gyerekek szempontjából talán egyik legnehezebben megérthető területe az áramerősség és feszültség fogalmainak szétválasztása (Psillos és mts. 1988). A téma tanulása során a leggondosabb előkészítés ellenére is sok tanulónál „összecúszott” a feszültség és az áramerősség fogalom. Jelenleg úgy tűnik, hogy olyan sok nehéz, új ismeret feldolgozása, értelmezése terheli a téma tanítását, hogy a rendelkezésre álló idő nem elegendő az alapfogalmak végleges tisztázására.

A feszültség-kép alakulásáról a szakirodalomból ismert vizsgálófeladat megoldásával próbáltam meg képet nyerni (26. ábra) (Shipstone, 1985). A tanulóknak arra kell válaszolniuk, mekkora a feszültség a kapcsoló kivezetései között a két áramkörben.

27. ábra: A feszültség áramerősség fogalmának differenciálódását vizsgáló feladat



A feladatot a kutatás kezdetén használtam egy évfolyamon az elektromosság témakör megtanítása után. A 26. táblázatban közölt eredmények születtek:

28. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása az áramerősség-feszültség fogalmi differenciálódását vizsgáló feladat esetén

	Gyakoriság	Arány (%)
Értelmezhetetlen válasz	3	7,7
Nyitott 1,5 zárt 0	5	12,8
Nyitott 0 Zárt 1,5	19	48,7
Mindkettő 1,5	3	7,7
Más válasz	1	2,6
Nincs válasz	8	20,5
Összesen	39	100,0

A válaszokat elemezve megfigyelhetjük, hogy összesen a válaszolók majdnem 13%-a adott helyes választ a kérdésre. Igaz, még hárman akadtak olyanok is, akik a kapcsoló zárt

állásában 1,5 V feszültséget adtak meg, de ők ugyanezt az értéket feltételezték a zárt kapcsoló esetében is. Az még izgalmasabbá teszi a helyzetet, hogy tovább elemezve a válaszokat azt találjuk, hogy mind az öt jól válaszoló tanuló ugyanabból az osztályból kerül ki, míg az évfolyam párhuzamos osztályában egyetlen egy jó válasz sem született. Ezzel egyidejűleg azt is megállapíthatjuk, hogy ennek a kérdésnek a jó megválaszolása mindig különösen nehéznek bizonyult a diákok számára. Korábbi vizsgálataim során előfordult, hogy egy 2002-ben Kecskeméten végzett 69 fős mintán vizsgálatban összesen 1, egy másik, két évvel később, szintén Kecskeméten végzett 64 fős mintán pedig egyetlen egy jó válasz sem született (Wagner, 2000, 2002).

Ez a feladat nemcsak a közoktatásban tanuló diákok számára nehéz, de annak bizonyul a természettudományos területen a felsőoktatásba belépő diákok számára is. Egy az ELTE természettudományi szakos hallgatóival megíratott kritériumdolgozatban is szerepelt ez a feladat. A tesztet megíró 127 fizika BSC szakra jelentkezett hallgatóból összesen 26 hallgató adott helyes választ erre a kérdésre (Radnóti, 2006). A 2008-ban a felsőoktatásba belépő mintegy 1324 műszaki pályát választó fiatal körében végzett felmérés adatai alapján a feleletválasztós formában feltett kérdésre a válaszolók 17,9%-a adott jó választ (Radnóti, 2008).

Mint a fenti adatokból is látható, ez a látszólag egyszerű feladat a gyakorlatban sokkal nehezebbnek bizonyult annál, hogy a továbbiakban a feszültség fogalom alakulásának vizsgálatára használjam. Miután itt a mélyben a feszültség-fogalom értelmezésének nehézségei húzódnak, a tanításban újabb lehetőségeket kellett keresni a két fogalom szétválasztására.

Ezt a célt szolgálta az is, hogy a feszültség és az áramerősség mennyiségeket a gondos fogalom-alakításon túl e mennyiségek következetesen egyidejű megméréssel próbáltam meg elősegíteni. A feszültség és az áramerősség fogalom gondos előkészítése és a definíciók megalkotása után azt a feladatot adtam a gyerekeknek, hogy mérjék meg egyszerű áramkörben a feszültséget és az áramerősséget az összes olyan helyen, ahol szerinti különböző értékeket kaphatnak. A méréshez minden csoport két mérőműszert kapott, úgyhogy egyidejűleg mérhették az egyes fogyasztókon mérhető feszültséget, és azon átfolyó áramerősséget. Abból indultam ki, hogy ha szembesülnek a gyerekek azzal, hogy a két mennyiség mérésekor más-más módon kell az áramkörbe kötniük a mérőműszert, és a két mennyiség értéke is különbözik, akkor ennek a tevékenység sorozatnak a végére megerősödik a két elektromos alpmennyiség közötti különbség képe.

A soros és párhuzamos kapcsolás tanulása során is foglalkoztunk a feszültség-áramerősség fogalom-együttessel. Itt is csoportokban dolgoztak a gyerekek, s először azt kellett megtippelniük, hogy az egyes kapcsolásokban hol lehet különböző illetve azonos feszültség és áramerősség értékeket mérni. Ez után ezeket a hipotéziseket mérés ellenőrizni is kellett. Ennél a feladatnál már nemcsak a két mennyiség értelmezése, hanem a mérés kivitelezése is gondot jelentett néhány csoportnak, így ez a feladat nem minden esetben volt sikeres.

A tanulási folyamat végén a korábban elemzett vizsgálófeladatot (26. ábra) csoportfeladatként használtuk. Az volt a gyerekek feladata, hogy a csoportban jussanak konszenzusra abban a kérdésben, hogy mekkora lesz a feszültség a kapcsoló nyitott illetve zárt állásakor. Mivel minden mérésünkhöz 4,5V-os telepet használtunk, ezért a feladatban nem 1,5 V hanem 4,5 V szerepelt, egyéb tekintetben a feladat teljes egészében megegyezett a vizsgálófeladattal. Két évfolyamon két-két osztállyal követtem ezt a feldolgozási utat. Minden esetben volt olyan csoport, amelyik a vita után a helyes választ jelölte meg, de egyetlen alkalommal sem volt olyan csoport, amelynek munkája során ne előzte volna meg kisebb-nagyobb vita a válasz megadását. Egyik alkalommal éppen fizika szakos tanárjelölték látogatása alkalmával került sor erre az órára, így a következőket az ő elbeszélésük, és saját megfigyeléseim alapján írtam le.

Az egyik 3 fiúból álló csoport viszonylag rövid megbeszélés után ráírta a feladatlapra a helyes választ. Ekkor az egyik hallgató megjegyezte, hogy ez a válasz nem jó, mert a nem nyitott, hanem a zárt kapcsolóállásnál lesz a feszültség 4,5 V. A gyerekek ekkor azonnal hozzám fordultak, hogy döntsem el én a kérdést. Mivel ekkor nem voltam hajlandó állást foglalni, de a gyerekek eléggé biztosak voltak a válaszuk helyességében, azonnal a szekrényhez mentek elővették a mérőműszert, és elvégezték a mérést. Természetesen nekik lett igazuk, a hallgató viszont nem volt hajlandó (vagy nem tudott) az óra utáni megbeszélésen érdemben nyilatkozni a kérdéssel kapcsolatban.

Egy másik esetben e feladat megoldásánál arra lettem figyelmes, hogy egy olyan csoport, amelyekben a gyerekek megegyeztek abban, hogy a feszültség a kapcsoló nyitott állásánál lesz 0 V, állandóan arra panaszkodnak, hogy „elromlott” a mérőműszer. Először arra gondoltam, hogy rosszul kötötték az áramkörbe a feszültségmérőt. (Ez gyakori hiba a méréseknél. A feszültségmérőt párhuzamosam, az áramerősség mérőt pedig sorosan kell az áramkörbe kapcsolni, ez a gyerekeknek gyakran okoz nehézséget a mérések kivitelezése során.) Azonban nem ez történt. A műszert jól kötötték az áramkörbe, az a helyes értéket, vagyis a 4,5 V-ot mérte. A gyerekekben fel sem merült, hogy az előrejelzésük volt rossz, inkább cseréltették a műszert, arra gondolva, hogy az elromlott.

8.3.4. Az elektromosság témakör megértési nehézségei és a fizika más területein tanult ismeretek kapcsolata

Végül érdemes ismét megfogalmazni, és részben megválaszolni azt a kérdést, hogy miért olyan nehéz az elektromosság témakör tanulása a gyerekeknek. Az elektromosság témakör eredményes tanulásához a fizika több területéhez tartozó fogalmak tudományos igényű magyarázata szükséges. Bár ez a megállapítás a fizika legtöbb területére érvényes, mégis, tapasztalataim azt mutatják, hogy az elektromosság témakörének tanítását a fizika más részeihez képest jobban nehezítik a többi területeken kimerítően fogalmak.

A következőkben röviden összefoglalom azokat a problémákat, nehézségeket, amelyek megnehezítik a gyerekek számára a tanulást. Az esetlegesen felmerülő problémákat úgy csoportosítottam, hogy azok a fizika tárgyalt területeivel való összefüggésekre is rávilágítsanak.

Az elektromosság téma tanulása nehézségeinek kapcsolata az anyagszerkezeti ismeretekkel

Az anyagszerkezeti téma tanulásakor a gyerekek többsége éppen hogy túljutott a folytonos anyagkép felbontásán. E konceptuális váltáshoz vezető tanulási folyamat során a modell elmélyítése, rögzítése folyt. Itt sok érdekes jelenséget magyaráztunk meg viszonylag egyszerűen, és a legtöbb gyereknek sikerült a modell segítségével viszonylag biztonsággal előre jelezni hétköznapi jelenségeket.⁷ A golyómodell hatékonysága arra ösztönzi a gyerekeket, hogy minden jelenségmagyarázat során ezt próbálják meg alkalmazni. Így viszonylag könnyen értelmezik az elektromos áram fogalmát, de nehezen tudnak mit kezdeni a feszültséggel.

Az elektromos jelenségek értelmezésére az éppen kialakult modellt kell/kellene használni, de a helyzetet nehezíti, hogy az itt használatos modellben már szerepelniük kell az elektromos töltésű részecskének is, mert az elektromos tulajdonság értelmezése ezt szükségessé teszi. Akár a fizikaórákon, akár a kémia órákon kerül sor az elemi részek

⁷ Egy a gyerekek tanulási szokásaival kapcsolatos vizsgálatban az egyik kislány erről így ír: Én azért szeretem a fizikát, mert otthon olyasmiket tudok anyunak mutatni, és megmagyarázni, amit ő nem értett, és ezzel szerinte, teljesen megleptem.

tulajdonságainak megbeszélésre, a gyerekeknek mindenképen különböző félelmei is társulnak ezekhez a fogalmakhoz.

Az elektromos jelenségek és később az áramkörök működése szempontjából fontos kérdés, hogy miért alkalmasak a fémek az áramvezetésre. Szízzel kapcsolatban nagyon nehéz olyan modellt konstruálni, amely a tanulásnak ezen a szintjén alkalmas a jelenségek értelmezésére, és később problémamentesen tovább bővíthető.

A gyerekeknek gondot okoz a semleges elektromos állapot értelmezése. Az egyik gyermeki elképzelés szerint semleges töltésű részecskét képzelnek az anyagba. Csak nehezen fogadják el, hogy azonos számban jelenlévő pozitív és negatív töltések hatására az anyag (atom) semleges lehet. Mások azt gondolják, hogy a semleges anyagban a pozitív és a negatív részecskék valahogyan összeolvadva vannak jelen, és dörzsölés hatására szétválnak.

A negatív elektromos állapot értelmezése, magyarázata könnyebb, hiszen az elektronok ténylegesen mozoghatnak, így az elektrontöbblet valóban kialakulhat. A pozitív töltést az elektronok hiányával kellene értelmezni, ez nehéz. Egyrészt azért, mert mögötte a frissen megismert, elnagyolt, és így legtöbbször csak felszínesen megértett anyagszerkezeti értelmezések állnak, másrészt, mert a pozitív dolog az általában valaminek a meglétét jelenti a gyerekek számára, legalábbis a szó hétköznapi értelmezésében. Itt viszont a negatív töltések hiánya és a pozitív töltések számának változatlansága okozza a pozitív elektromos állapotot.

Az elektromosság témakörének tanulási nehézségei és az anyagszemlélethez kötődő gyermeki ismeretrendszer kapcsolata

Korábban bemutattam, hogy milyen nehezen formálódik a gyerekekben a megmaradó anyag-kép. Itt ismét felszínre kerülnek az ezzel kapcsolatos bizonytalanságok. Változik-e a feltöltött test tömege, s ha igen, miért nem mérhető meg? Ebből a gondolatból a gyerekek számukra természetes módon jutnak el oda, hogy a tömegnövekedés azért nem mérhető, mert az elektron dörzsölés során keletkezik. E szerint a kép szerint a megdörzsölt test tömege nagyobb lesz, mert a keletkezett elektromos töltésű részecskék tömegével megnövekszik. Ez az állítás csak részben helyes, mert csak elektrontöbblet esetében van elméletileg tömeg-növekedés, viszont az elemi részek tömegarányait figyelembe véve ez elhanyagolható mértékű. Az elektronhiányos állapottal létrejövő pozitív elektromos állapot esetében éppen ilyen elhanyagolható mértékű a tömegcsökkenés. A gyermeki elméletekre gyakran az a jellemző, hogy magyarázataik során a részecskék „eltűnését”, illetve „keletkezését” feltételezik. A valóságos helyzetekben az történik, hogy az elektromos állapotú testek a körülöttük lévő levegő részecskéivel kölcsönhatásban kerülnek ismét semleges állapotba. Ennek elfogadása viszont azért okoz nehézséget a gyerekek számára, mert még éppen csak túljutottak azon a konceptuális váltáson, hogy a levegőhöz anyagi tulajdonságokkal társítsanak. Az elektromosság témakörében újabb kontextusban kellene ezt a nehezen felépített elméletet használni.

Az elektromosság témakörének tanulási nehézségei és az energia-fogalom kapcsolatos

Mint azt egy korábbi fejezetben elemeztem az energia-fogalom értelmezése körül is számtalan probléma merül fel a gyermeki gondolkodásban. Az energia egy dinamikus fogalom-együttes tagja, amelynek differenciálódása számos, korábban elemzett buktatót is halad. Ennek a fogalom-együttesnek az egyik eleme a munka. A munka fogalom alakítása is sok problémát hordoz magában, és éppen csak megkezdődött differenciálódása.

Az egyik legsajátosabb gyermeki értelmezés az energiának az elektromossággal való azonosítása (Duit, 1984). Egy másik gyermeki értelmezésben az energiát, mint egyik testről a másikra áramló anyagot képzelik el a gyerekek. Az elektromos áramot ebben az anyagrészben a töltéssel rendelkező részecskék egyirányú mozgásaként értelmezzük. Ezt az állítást a gyerekek a korábban kialakult áramló energia-képpel összekapcsolják, létrejön és makacsul tarja magát az az elképzelés, hogy az elektromos energiát az elektronok képviselik, „szállítják” a fogyasztókhoz. Talán ez az egyik oka annak, hogy a feszültség és az elektromos áram mennyiségek a gyermeki gondolkodásban olyan nehezen differenciálódnak.

8. 4. Anyagszerkezet

8.4.1. Az anyagszerkezet témakörébe tartozó fogalmakkal kapcsolatos gyermeki értelmezések

Az anyag szerkezetével való foglalkozás a modern fizikai eredményeinek megértése szempontjából játszik fontos szerepet a természettudományos témák között. A gyermektudományok kutatása feltárta, hogy a gyerekek kezdetben folytonos anyagképpel rendelkeznek, amely csak fokozatosan és egyáltalán nem zökkenőmentesen alakítható át a tudományos igényű elképzeléssé. A téma jelentőségét az is alátámasztja, hogy a kutatások alapján a gyerekek jelentős része folytonos anyagképet birtokol, ami csak nagy odafigyeléssel alakítható át (Séré, 1986; Stavy, 1988; Nahalka, 1997; Korom, 2005). Tanítási tapasztalataim azt jelzik, hogy ha későn fogunk hozzá ehhez a feladathoz, sokkal nehezebben érhetünk csak célra. A gyermeki gondolkodásban rögzülő folytonos anyagkép megnehezítheti számos természettudományos eredmény értelmezését, a hétköznapi jelenségek tudományos igényű magyarázatának megalkotását, vagy értelmezését, s így hozzájárulhat áltudományos nézetek térhódításához is. Nem is beszélve arról, hogy a kémia tantárgy tanulása folytonos anyagképet birtokló tanulók számára nagyon kevés sikerrel kecsegtet. Ezért is tartottam különösen fontosnak, hogy pontosabb képet kapjak arról, hogyan alakul a gyermeki gondolkodás ezen a területen, milyen befolyással vannak egymásra a gyerekek a munka során, illetve milyen tanulási környezetet felel meg leginkább a gyermeki tudásrendszer átforgatásának, gazdagításának.

A téma fontossága azonban nem áll arányban azzal a tantervi előírással, amely a kutatás ideje alatt érvényes volt az iskolákban. A munka első két évétől eltekintve a fizika tantárgy tananyagából az anyag részecsketermészetével kapcsolatos anyag rész szinte teljesen kimaradt, illetve átkerült a kémia tantárgy által közvetített tartalmak közé. Noha a tanári szabadsággal élve ez idő alatt is foglalkoztam a részecsképek alakításával a fizika órákon, ebben a tanegységben a legfontosabb, még elérhető célom az volt, hogy a gyerekekben tudatosodjon az a mentális modell, amelyet a témakörben felmerülő problémák megoldása során használnak. Bármennyire is éltem a tanári szabadság adta lehetőségekkel, mivel a kutatás valóságos osztályokban folyt, teljes mértékben nem függetleníthetem magamat a tantervi előírásoktól. Így ebben az egységben a korábbiakhoz képest részletesebb a gyerekek előzetes tudásának, az egyéni mentális reprezentációknak az elemzése, és valamivel kevesebb a konkrét, tanítási folyamatra utaló leírás szerepel.

Milyen iskolában szerzett tudásra támaszkodhatunk, milyen tudásterületeket alapoz a téma tanulása?

A téma tanítására a hatodik évfolyamban került sor, így viszonylag kevés az az iskolában szerzett tudás, ami itt egyáltalán szóba jöhet. Ami mégis, arról inkább a földrajzórákon tanulnak a gyerekek. Sajnálatosan a tanítás során nem támaszkodhattunk az ott tanultakra, inkább nehézséget okozott a széllél, a talaj felmelegedésével kapcsolatos jelenségek földrajz órai magyarázata, és arra hívta fel a figyelmet, hogy nem véletlenül nem képesek a gyerekek az egyik órán tanultakat a másik tanórán hasznosítani. Ugyanarra a jelenségre más tantárgyakban legtöbbször más szakkifejezéseket használunk, és a gyerekeknek senki sem mondja meg, hogy a két dolog ugyanazt jelenti. Sokkal rosszabb a helyzet olyan magyarázatok esetében, amelyekről a tanítás során kiderül, hogy ugyan más tantárgyak óráin elhangzik, és a tankönyvekben olvasható, de olyan elnagyoltan szerepel, hogy a fizikatanítás szempontjából már hibásnak tekinthető a gyerekekben konstruálódó értelmezés. Az anyagszerkezet témának a tanítása hangsúlyosan mutatott rá erre a tényre⁸. Ennek a kérdésnek az elemzését nem vállaltam fel a dolgozat keretei között, de fontos lenne a különböző természettudományos tantárgyakban megjelenő magyarázó szövegek elemzése, összehasonlítása, és esetenként javítása is.

A fizikaórán megismerkednek a gyerekek a kölcsönhatásokkal és bizonyos következményeikkel, valamint az energia fogalmával. Mindkét témakörhöz kapcsolódó ismeretrendszer bővül, fejlődik az anyagszerkezet téma tanulása során is. Különösen fontos lesz a gravitációval kapcsolatos tudásterület állapota, hiszen a gázokat a gyerekek számára a levegő reprezentálja a legjobban. A légkört alkotó gáz halmazállapotú anyag szempontjából valóban fontos a gravitáció szerepe, hiszen különben nem alakulhatott volna ki a földi légkör, viszont a gázok anyagszerkezeti modelljében a gravitációnak nincs szerepe.

Új tudás-elemként beszéltük meg, hogy a testek mozgásállapota kölcsönhatás következtében változik. Ez az állítás (nem véletlenül nem írtam tudást) még éppen hogy csak elhangzott a fizika órákon, mintegy felvillantva egy lehetséges magyarázatot a mozgásokkal kapcsolatos jelenségekre. A gyerekek szinte kivétel nélkül megtanulták a tankönyvi definíciókat, de a tanítási órán elemzett konkrét eseteket leszámítva nem alkalmazták az új elméletet. A mozgásokkal kapcsolatos válaszaikat az arisztotelészi mozgáselmélet alapján fogalmazták meg. E téma tanulása során többször is próbára tesszük a mozgásokkal kapcsolatos gyermeki elméletet, s ha sikerül, újabb konfliktusokkal gyengíthetjük a lecserélendő paradigmarendszer hídfőállásait.

Az anyagszerkezet témakör tanítására való felkészülést alakító/befolyásoló tényezők

A korábban ismertetett nehézségek ellenére a téma tanításakor kedvezőbb a helyzet, mint az elektromosság vagy a mozgások esetében. Egyfelől a kialakítandó modell nem bonyolult, nem igényel olyan sok és nehéz fogalmakkal tűzdelte előzetes tudásrendszert, mint az elektromosság, vagy akár a newtoni mozgáselmélet témaköre. Másfelől számos egyszerű, mindenki által elvégezhető kísérlet, vagy már többször megfigyelt hétköznapi jelenség magyarázatát lehet a modellek alkalmazásával eredményesen megadni. Jól használható a tanult modell sok jelenség előrejelzésére, mindez hatékonyan megerősíti az új tudást a gyerekekben. A tanult modell esetében (legalábbis a kezdeteknél) nem kell olyan súlyos, és nehezen lebontható sajátos értelmezésekkel számolni, mint a feszültség és

⁸ Ilyen „pongyolaságot” találtam a szél keletkezése magyarázatánál, a talaj egyenlőtlen felmelegedésével kapcsolatos értelmezéseknél, vagy például az óceáni éghajlat kialakulásának magyarázata során.

az áramerősség azonosítása, vagy a lendület-erő fogalmak egymásra hatása. A golyómodell a legtöbb diáknál bekerülhet tehát a világ magyarázatára szolgáló rivális elméletek közé.

A téma tanításakor csakúgy, mint a többi vizsgált téma esetében, fontos volt a tananyagban a prioritások kijelölése.

1. A legfontosabb célnak a folytonos anyagkép felbontását, és egy részecske modell kialakítását tekintettem.
2. Fontos feladat volt, hogy az energia fogalom alakításában előreléphessenek a diákok.
3. A harmadik fontos cél az volt, hogy a tanult modell működtetése során a gyerekek számos érdekes, és a hétköznapi életben is előforduló jelenséget tudjanak önállóan, vagy kis segítséggel megmagyarázni, illetve a modell segítségével mások által előadott magyarázatok esetében el tudják dönteni azok igazságtartalmát. E célt azért tartottam fontosnak, mert a természettudományok tanulása során alapvető kérdés, a tanult modellek alkalmazása. Az anyagszerkezete téma esetében a tanult modell viszonylag egyszerű, és felhasználásával sok jelenség magyarázható.
4. Legalább ilyen fontos cél, hogy a diákok képesek legyenek eldönteni egy tudományos igényű magyarázatról, hogy valóban megfelelően írja-e le a magyarázni kívánt jelenséget. Feltehetőleg az ilyen jellegű tudás teszi majd lehetővé, hogy felnőttkorban minél több ember képes legyen ellenállni az egyre szaporodó áltudományos magyarázatoknak. Az a véleményem, hogy ez a téma minden gyerek számára jó esélyeket kínál a frissen szerzett tudás alkalmazhatóságának vizsgáztatására.
5. Szerettem volna képet kapni arról, hogy mi befolyásolja a gyerekek személyes, anyag-elméleti modelljeinek alakulását, és ha lehetséges betekintést kapni a képfomálódásának mozzanataiba.

8.4.2. A gyerekek előzetes tudásával kapcsolatos vizsgálatok eredményeiről

A gyermeki gondolkodás előzetes vizsgálata, és a szakirodalom alapján a legjelentősebb gyermektudományi elem, amelynek jelenlétével a téma tanítása során számolnunk kell, a folytonos anyagkép (Nussbaum, 1985; Dobóné, 2004). A diagnosztikus beszélgetések alkalmával azt tapasztaltam, hogy a kutatásba bevont gyerekeknek jóval több, mint a 2/3 része valamilyen folytonos anyagképpel rendelkezik.

Először is azt szerettem volna feltérképezni, hogy milyen arányban van jelen a tanítás megkezdésekor a gyerekekben az a gázokkal, és különösen a levegővel kapcsolatos elképzelés, amely szerint a gázokat (levegőt) a gyerekek „semmi”-nek tekintik (Séré, 1985). Ehhez a következő feladat írásbeli megválaszolása szolgáltatott beszélgetést indukáló témát: „Szerinted mi van a kidurrant focilabda belsejében?”

A gyerekek nyitott végű kérdésre adott válaszai a következő kategóriák közötti megoszlást adták az egyes osztályokon belül:

29. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása a „Szerinted mi van a kidurranat focilabdá belsejében?” kérdésre

Mi van a kidurranat focilabdában? (%)

	Nem választott, értelmezhetetlen	Levegő	Semmi	Focibelső
1999/2000 8.a	7,7	61,5		30,8
1999/2000 8.b		77,3	4,5	18,2
2000/2001 6.a	3,7	44,4	22,2	29,6
2000/2001 6.b	4,0	72,0	8,0	16,0
2001/2002. 5.a		42,3	26,9	30,8
2001/2002 5.b	8,0	80,0	12,0	
2001/2002 6.a	9,1	59,1	4,5	27,3
2001/2002 6.b		52,9	11,8	35,3
2001/2002 6.c	3,7	77,8	14,8	3,7

Ahogy a fenti táblázatból is látszik, a feladatot a gyerekek legnagyobb része megválaszolta. Elég jelentős számban mondták azt, hogy levegő lesz a kidurranat labdában, de nem elhanyagolható azoknak a száma, akik a levegőnél fontosabbnak tartották a focibelső megjelölését. Korábbi tapasztalataim alapján, itt azonnal megnéztem, hogy a focibelső válaszolók között milyen a fiúk aránya. Azt találtam, hogy a válaszolók között jóval magasabb a fiú⁹, az ő mindennapi programjaik során nyilván többe találkoztak kidurranat focilabdával. A tisztázó beszélgetéseken kiderült, hogy a lányok közül néhányan azt sem tudták, hogy egyáltalán van a focilabdában belső. Ezen a beszélgetésen kiderült, hogy a fiúk többsége számára az is egyértelmű, hogy a labdában levegő van, de az ő válaszaikat a mindennapi játéktevékenység terelte az írásos válasz megadása során.

Többe osztályban nem elhanyagolható azoknak a gyerekeknek az aránya sem, akik a kérdésre a „semmi” választ adták. E válaszok és a szóbeli beszélgetések tapasztalatai alapján ezek a diákok feltehetőleg a levegőt ebben a kontextusban még valóban „semmi”-nek tartják, nehezen vagy egyáltalán nem társítanak a levegőhöz olyan anyagi tulajdonságokat, mint tömeg vagy sűrűség. A beszélgetéseken azok, akik a levegőt választották az előző kérdésre, így érveltek:

Ha a levegő tényleg „semmi”, akkor hogyan lehet belőle többe pumpálni a labdába, vagy a bicikli kerekébe? Mégiscsak kell lennie valaminek, amiből a pumpálás során többe jut be a labdába!

Megpróbáltam a levegőről alkotott tanulói elképzelések tartalmát kideríteni. Azt az utat választottam, hogy kiderítsem, a korábban megismert anyagi tulajdonságok közül melyeket tulajdonítják a levegőnek és melyeket nem. Abból indultam ki, hogy az anyagiség elfogadásához olyan gondolkodásmód társul, amelyben a levegő rendelkezik mérhető tulajdonságokkal, van például tömege, térfogata, nyomása hőmérséklete és sűrűsége.

A felvett és e kérdést érintően elemzett 21 interjú során a levegő tulajdonságaival kapcsolatosan a következő állítások hangzottak el:

⁹ A válaszok nemek szerinti megoszlását bemutató táblázat a mellékletben található.

30. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása a levegő mérhető tulajdonságainak létezésével kapcsolatban

Hőmérséklet (N = 21)		Tömeg (N = 18)		Térfogat (N = 5)		Sűrűség (N = 3)		Nyomás (N = 6)	
Van	Nincs	Van	Nincs	Van	Nincs	Van	Nincs	Van	Nincs
17	4	4	14	2	3	2	1	4	2

A táblázat felső sorában a zárójelben szereplő számok azt jelzik, hogy hány interjúban kerül elő a beszélgetés során az adott mennyiség.

Lényegében hasonló válaszokat kaptam az osztálykeretben folytatott beszélgetések során is. Amint az a táblázatból is látható, a gyerekek többsége tulajdonít a levegőnek mérhető tulajdonságot, ami leginkább a hőmérséklet. A hőmérséklet fogalom a tanulói gondolkodásban szintén eléggé összetett módon alakul, és feltételezhető, hogy csak kevésbé erősíti meg a levegő anyagi jellegét. Ennek okát a következőkben látom. A gyermeki gondolkodásban nagyon gyakori az az elképzelés, amely szerint a hőmérséklet változását valamilyen „hőanyag” hozzáadása vagy éppen elvétele okozza. A hőanyag elmélet nagyon sok gyermek világmagyarázataiban megjelenik. A gyerekek úgy képzelik, hogy a „meleg” test kap valamilyen „hőanyagot”, míg a hidegnek ebből kevesebb van. Így a kérdésben adott válasz esetében nem a levegőnek, hanem ennek a „hőanyag”-nak tulajdoníthatnak anyagi tulajdonságot. Ennek alapján valószínűsíthető, hogy a gyermeki gondolkodásban a levegő anyagi mivoltát a hőmérséklet mérhetősége csak kevésbé erősíti meg.

A megkérdezett gyerekek állításai, és a kísérletbe bevont osztályokkal folytatott diagnosztikus megbeszélések adatai alapján az állíthatom: a gyerekek többsége inkább úgy vélekedik, hogy a levegőnek nincs tömege, mert szerintük mérlegen nem mérhető meg. Bár az egyik interjúban válaszoló 10 éves budapesti kisfiú érdekes módon támasztja alá azt az álláspontját, hogy a levegőnek van tömege, ez az elképzelés nem mondható általánosnak. Az interjúban egy sajátos, korábban nem tapasztalt gázmodell is bemutat a válaszoló:

- „- Most képzeld el, hogy egy varázsló elvárásolja a szemedet és látod a levegőt. Próbáld nekem elmesélni, hogy mit látsz! Miből állhat a levegő? Hogy nézhet ki?
- Fekete levelek lebegnek, fentről elindul és jön lefelé, neki megy a másíknak, és újra fölmegeg.
- Nagyon könnyűek ezért nem érezzük őket.
- Milyenek ezek a levelek?
- Laposak.
- Ha fentről nézzük, hogy néznek ki?
- Kerekék.
- Mekkorák?
- Mint egy frizbi.
- Szerinted a levegőnek van tömege?
- Van.
- Honnan tudod?
- Mikor leér egy levél és rácsik a mérlegre akkor a levél mikroszkopikusan kitér.

Noha az interjúban nincs utalás arra, hogy miért képzei el a válaszoló a levegő részecskéit faleveleknek, valószínűsíthető, hogy nagyon könnyűnek képzei el a részecskéket. Mivel a falevelek könnyűek, mozgásukat az őszi levélhulláskor jól megfigyelhetjük, máris létrejött egy sajátos mentális modell, amelyben a levegő részecskéiből áll, és mivel a modellbeli részecskék rendelkeznek tömeggel, így a levegő részecskéi is anyagi tulajdonságokkal bírnak.

Rendkívül tanulságos a gyermeki logika működése, amely alapján a tudományos gondolkodás szempontjából teljesen „következetlen” válaszokat hallhatunk az interjúk, és az órai beszélgetések során is. A válaszok alapján itt is képet kaphatunk arról is, hogy milyen izgalmasan alakulnak a gyerekek gondolkodásában a tömeg, a sűrűség, és a térfogat

fogalmak. Amíg egy gyerek azt állítja, hogy a levegőnek nincsen tömege, addig azt viszont hozzáteszi, hogy sűrűsége ellenben van, míg egy másik azt állítja, hogy tömege van, de sűrűsége nincs. A gyerekek válaszaikat gyakran azzal indokolják, hogy az adott mennyiség mérését, például a hőmérsékletét már maguk is elvégezték.

Érdekes tapasztalat volt a mérhetőséggel kapcsolatban, hogy ezt néhány gyerek a láthatósággal köti össze:

- Szerinted, van valami mérhető tulajdonsága a levegőnek?
- Nyomása, tömege.
- És hogyan mérnéd meg a tömegét?
- Sehogy, mert a levegő láthatatlan.

Ezzel egyidejűleg, már megfigyelhető a levegő anyagivá válásának folyamata is. A mérlegen való mérés a legtöbb gyerekben az anyagi megjelenés legfontosabb bizonyítéka. Ha a mérleg lefelé billen, a tárgy tömege nagyobb-, ha felfelé, kisebb lesz. Ezt a képet használja fel a következő 12 éves budapesti fiú akkor, amikor arra a kérdésre, hogy mivel tudná bizonyítani azt az elképzelését, hogy a levegőnek van tömege, a következőképpen válaszol:

- Szerinted a levegőnek van tömege?
- Van.
- És valamivel ezt be tudnád bizonyítani?
- Mondjuk ez olyan, mint a gáz, aminek... amiben adják, ilyen fémpalack... abba raknék, megmérném a fémpalackot, aztán levegővel megtölteném, mondjuk sűrűbb... levegővel, és úgy megnézném.
- Aztán rátennéd a mérlegre a levegővel?
- Igen.

Mivel az ilyen mérés bizonyító erejét a gyerekek fontosnak tartják, ezt a mozzanatot a további tanításban fel is használtam.

Sok gyereknél megjelenik a kérdésekre adott válaszokban valamilyen iskolás, megtanult szöveg. Többen utalnak is arra, hogy ezt már tanultuk, de nem jut eszükbe. Ilyen esetekben az interjúkészítő gyakorlottsága, lélekjelenléte az, ami segíti, hogy képes legyen a megtanult szöveg mögé nézni, és rávenni a gyerekeket arra, hogy valóságos mentális modelljeiket használják a válaszok megformálásában.

- Szerinted mi a szél?
- Hú, ezt tanultuk. Hát ő, az is valami levegő, de az mozog is. Van, amikor csak kicsit fúj, de van, amikor nagyon is szokott fújni. De tanultuk mi ezt, csak éppen nem jut most eszembe. (12 éves lány)
- Most a levegőről beszéljessünk egy kicsit.
- A levegő az légtömegeket szállít. Légtömegeket szállít, és a... na az óceánok és a tengerek felől nyáron hűvösebb szelet hoz, télen pedig meleg légáramlatot. És például van a radiátor, ami keringeti a levegőt, mert a meleg fölmeleg, a hideg pedig lejön. (12 éves fiú)

A válaszokból érzékelhető, hogy a szakrendszerű tanuláshoz érkező 12-13 éves diákok jelentős része a levegőt már nem tekinti teljesen „semmi”-nek, hiszen a tanulás során már megkezdődött a témához köthető tudásterület gazdagodása. A legtöbben azonban még távol állnak attól, hogy a levegőt (és így a gázokat) anyagi tulajdonságokkal rendelkezőkként, vagyis anyagként fognák fel. Ilyen tudásrendszerre alapozva zajlik a földrajztanítás, ahol például a levegőben zajló változások értelmezését, a csapadékképződést vagy a szélrendszerek alakulását kellene a gyerekeknek megérteniük.

Elképzelhető, hogy milyen messzire kerül egy iskolai szituációban a diákok fejében lévő iskolás tudás a tényleges magyarázó elképzelésektől, ha iskolai szituációtól teljesen távoli helyzetekben is az előbb bemutatott magyarázatok dominálnak. Alapvetően persze nem azzal van itt a baj, hogy a gyerekek valamilyen szöveget megtanulnak, hanem azzal, hogy ezek mögött nincs megértés. Ezeknek a gyerekek a fejében meglévő, megértéssel nem összekapcsolt szövegpanelek gyakran meg is felelnek az iskolai kérdésekre adott

válaszok gyanánt. Így természetesen nem kerül sor a megértésre, és a gyerekek többsége meg sem próbálja a tananyag és saját elképzelései közötti kapcsolatot megérteni, még kevésbé összeegyeztetni ezeket.

Ezek a válaszok nemcsak a levegőről alkotott gyermeki elképzelés formálódásáról adnak felvilágosítást, de arról is, hogy mit gondolnak a gyerekek az anyagról. A mérést a természettudományokban valamilyen anyagi tulajdonság vagy változás jellemzésére használjuk. A fizikában sokszor érvelünk azzal, hogy a mérhetőség egyben létezés is jelent. A gyerekek gondolkodásában ez nem feltétlenül van így, bár több indoklásukban elhangzik, hogy a levegőnek azért nincs tömege, mert nem mérhető. Az iskolákban ugyanis valóban nem méri meg a levegő tömegét, hiszen ez a rendelkezésre álló eszközökkel nem mindig egyszerű. Megfontolandó, hogy ha nem is a környezetben lévő levegő tömegét, de valamilyen, a gyerekek által egyértelműen gáznak ismert anyagnak a tömegét érdemes lenne ténylegesen megmérni az iskolában. A tanításnak ebben a szakaszában egy foci labda tömegének a mérését érdemes elvégezni, teljesen felfűjt és leeresztett, de még alakot tartó állapotban. Mivel a tömegkülönbség eléggé kicsi, fontos a mérleg érzékenysége. A mérést nehezíti, hogy az iskolában használatos kétkarú mérlegekre a tárgyat nagy mérete miatt nem lehet feltenni.

Egy „üres” és egy „teli” gázöngyűjtő, vagy egy „üres” és egy „teli” gázpalack (gázpalack kis illetve nagy nyomással, kevesebb, illetve több gázzal) tömege közötti különbség esetleg segíthetné a levegő anyagi tulajdonságainak alakulását. Noha ennek a mérésnek az elvégzése már nem okozhat különösebb nehézséget, de az anyagszerkezeti téma tanulásának kezdetén azért problematikus, mert a gázöngyűjtőben láthatóan folyadék van. Ezt a mérést érdekesebb akkor elvégezni, amikor a halmazállapotok és változások elemzéséhez érkezünk, mert itt nemcsak a tömeg-fogalom értelmezéséhez adhat segítséget.

8.4.3. A tanítási folyamat és az eredmények

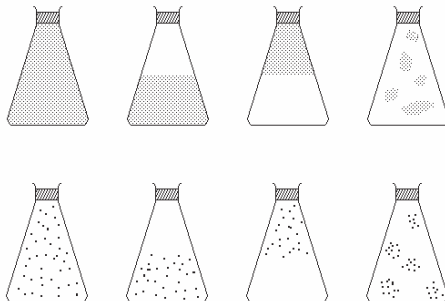
8.4.3.1. A levegő (gázok) részecsketermészetének felépítését segítő stratégia és az eredmények

A levegőről kialakult gyermeki elképzeléseket vizsgálva, a levegőhöz anyagi jellemzőnek a társításán túl az is izgalmas kérdésnek bizonyult, hogy milyennek képzelik el a gyerekek a levegőt.

A tanítási folyamatban a szakirodalomból is ismert vizsgálófeladat megválaszolását is kértem a gyerekektől (Séré, 1985). A gyerekeknek arra kérdésre kellett válaszolniuk, hogy melyik ábra mutatja szerintük helyesen a palackban lévő gáz mennyiségét miután annak felét kiengedték.

31. ábra: Vizsgálófeladat a gázok szerkezetével kapcsolatos tanulói gondolkodás elemzéséhez

A képen két sorban gázzal telt palackokat látsz. Az első ábrák azt a helyzetet mutatják, amikor a palackok tele vannak gázzal. Válaszd ki a képek közül, hogy szerinted melyik ábrázolja helyesen azt az állapotot, amikor a palackból a benne lévő gáz felét kiengedtük!



A feladathoz kapcsolódó elképzeléseknek a formálódását vizsgáltam a didaktikai rendszer kipróbálásában részt vevő osztályok esetében. A diagnosztikus beszélgetés módszerét alkalmaztam. Az órát videóra vettük, a beszélgetés szövegét pedig később leírtam. Az idézetek egy része ebből a leírásból származik. Az órai beszélgetések most is a gyerekek diagnosztikus feladatokra (30. ábra) adott válaszaiból indultak ki, ezek alapján próbáltam meg feltárni a gyerekek levegőről alkotott mentális modelljeinek finomabb szerkezetét. Az órai munka során azonban az derült ki, hogy e feladat megbeszéléséhez és a gyerekek egyéni modellek megismeréséhez még egy „segítő” feladatot is közbe kellett iktatni, hiszen a gyerekeknek a kérdés megválaszolása előtt meg kellett fogalmazniuk azt is, hogy milyennek képzelik el a levegőt. Itt az a kérdés, hogy „Milyennek látnánk a levegőt, ha valamilyen varázslat láthatóvá tenné?” természetnyek bizonyult a beszélgetések során. A későbbi osztályokban ez a kérdés mindig megelőzte a vizsgálófeladat megválaszolását.

Mint már többször volt róla szó: gázokkal kapcsolatosan az egyik jellemző gyermeki elképzelés a folytonos anyagkép. Ezt a következő egyéni módokon fogalmazzák meg a gyerekek:

Kati: Én úgy látom, hogy olyan, mintha víz lenne, de azért átlátszó, és ilyen hullámosan láthatjuk benne a tárgyakat.

...

Csilla: Olyan, mint a köd. Mert van benne vízpára, és ezért olyan.

Tanár: És a ködöt, azt milyennek látod? Ilyen sűrűnek?

Csilla: Homályosnak.

Tanár: És egybefüggőnek látod?

Csilla: ... hát, néhol sűrűbb a köd, néhol pedig ritkább.

Tanár: Olyannak képzeld el, mint Tamás, részecskékből állónak, vagy folytonosnak?

Csilla: Folytonosnak, csak van ahol erősebb.

Tanár: Tehát, van ahol sűrűbb, van ahol ritkább.

Csilla: Igen.

Mint az a két megfogalmazásból látszik, mindkét gyermek folytonos anyagképet birtokol, a két elképzelés azonban távolról sem azonosítható egymással, noha diagnosztikus vizsgálatok során ugyanabba a kategóriába sorolnánk a válaszokat. Míg az elsőben egy teljesen egynemű anyag képe rajzolódik ki, addig a második elképzelésben már megkezdődött ennek az egyneműségnek a felbomlása, sűrűsödések és ritkulások keletkeztek benne. De még megmarad a mindent folytonosan kitöltő anyag képe. Érdekes,

hogy a két gyerek ugyanazt az ábrát választotta a rajzos feladat megoldása során, csak az azt követő beszélgetésen került felszínre az elképzeléseik közötti különbség.

Sokan valamilyen ködszerű, folytonos, esetleg gomolygó dolgot írtak le, a másik nagy csoport pedig a vízhez hasonlított a levegőt. Érdekes, hogy többeknél megjelent egy olyan kép, amelyben a levegő valami folyadékszerű, bár annál sokkal lazább, kisebb „sűrűségű” dolog, amiben vannak sűrűbb és ritkább helyek, illetve amiben bizonyos részecskéik („kemény dolgok”) lebegnek, úsznak, mozognak.

Csilla: Én úgy képzelem el, mintha vízben lennének. És a vízben is így a buborékok ott vannak, de nem fölfelé száll, hanem mindenhol, és ilyen csoportokat is ...

Tanár: Tehát azt mondd, hogy mintha a vízben lennének a buborékok, csak a buborékok ott maradnának. Így jól értem? Így gondolod?

Csilla: Igen de, azért (kezével mozgást mutat) úgy mozognak.

Tanár: Tehát mozognak a buborékok, de nem csak fölfelé?

Csilla: Igen, bármerre.

...

Tanár: Melyik a levegő ebben az elképzelésben? Mert ugye mondtál egy elképzelést a levegőről, a víz és a benne lévő buborékok. Na most arra lennék kíváncsi, hogy ebben az elképzelésben mi felel meg a levegőnek? A buborék, vagy a víz?

Csilla: Hát, ... a víz, az úgy van valahol, ... és akkor vannak ezek a gázok, .. az úgy semmi ... a gázok vannak a semmiben.

Tanár: Az úgy semmi. Tehát a gáz, az úgy semmi?

Csilla: Nem! A gázok vannak a semmiben.

- Próbáld meg elképzelni!

- Nagy fekete sötétség, kis golyókkal (12 éves lány)

Ezek a képek hasonlatosságot mutatnak a tudomány történetéből ismert „mazsolás kalács” anyagmóddal, és véleményem szerint egy átmeneti stációt jelentenek a gyermeki konstrukciók alakulása során a folytonos és a korpuszskuláris kép között. A gyerek még nem tudja elengedni a folytonos anyagképet, de már megpróbálja elhelyezni benne azt az információt, mely szerint az anyag részecskékből áll (Korom, 2005, 112. o.).

Ha most felidézzük, hogy milyen sokáig kereste a tudományos kutatás is az „éter”-t, igazán természetes állapotnak tekinthetjük azt, ha egy gyermek fejében ilyen, illetve ehhez hasonló konstrukciók jönnek létre. Ne felejtjük el, hogy itt még semmilyen tanítási akció nem érintette a gyerekeket, amit a válaszokban a gyerekek megfogalmaznak, az iskolán kívüli tanulási folyamatok által indukált tanulás eredménye. Ráadásul abban az osztályban, ahol a gázokkal kapcsolatos beszélgetést videóra vettük, hihetetlenül szerencsés módon sok, igen gazdag szókinccsel rendelkező gyerek is tanult, és a fizika hatodik osztályban a gyerekek tantárgyi kedveltségi listáján az első helyen állt¹⁰. Így a gyerekek belső képeik megfogalmazását egy intellektuális kalandnak tekintették és számos érdekes részletre deríthettem fényt.

Sok gyermeknél a „levegő” kifejezés takarja azt a mindent kitöltő anyagot, amiben benne vannak a gázok. Megkettőzik a levegőt, egy háttéranyagra és a gázokra. Ennek a mindent kitöltő anyagnak a szerepét tölti be a fenti idézetekben a „víz”, illetve a „nagy fekete sötétség” kifejezés, de ugyanez a szerepe a következő válaszban a „levegő” szónak is.

- Milyen gázok?

- CO₂, CO, O₂, nitrogén-oxid, szmog. (A kérdező le akarta írni a gázok nevét, de a gyerek szólt neki, hogy csak a jelüket írja.)

- Hogy nézhetnek ki ezek a gázok?

- Olyan „trutyik”, amik szét vannak terülve a levegőben.

- Mit csinálnak ezek a levegőben?

- Lebegnek.

¹⁰ Az iskolában 1999-ben elkészített tanulásmódszertani vizsgálat egyik adata alapján.

Érdekes mozzanat, hogy éppen ezzel az elképzeléssel kapcsolatosan, szinte minden eddig tanított osztályban, így a munkába bevont osztályokban, is azonnal felmerült egy feladat, nevezetesen azt, hogy mi is az a *semmi*, és hogyan lehet ezt definiálni. Az egyik nézet szerint, azzal, hogy megneveztük, már lett valami, hiszen beszélünk róla. Az egyik gyerek ezzel kapcsolatos gondolatmenete nem a probléma első felmerülésekor született, de érdekes, és azt bizonyítja, hogy ez a kérdés nem hagyta nyugodni a diákok egy részét.

A rádióban szokták mondani, hogy az „éterben van” valami, és eddig én azt gondoltam, hogy az valahol a levegőben van, illetve a mostaniak¹¹ alapján a levegő részecskéik között, de most mit gondoljak, ha a levegő részecskéi között nincs semmi? Vagy esetleg a semmi azonos az éterrel?

A probléma megoldására született másik javaslat az „indirekt definíció”. Az egyik osztályban azt javasolták, hogy ha nem tudjuk megmondani, hogy mi van a részecskék között, akkor azt mondjuk meg, hogy mi nincsen. Ez érdekes következtetésekhez vezetett, mert abban megállapodtak a gyerekek, hogy tömege (súlya) nincsen, de már a térfogattal kapcsolatban megoszlottak a vélemények. Egyesek szerint, ha tömege nincsen, nem lehet térfogata sem, mások szerint a „semminek” nő a térfogata, ha az anyag (pl. levegő) melegszik, hiszen a részecskék egymástól távolabb kerülnek. A beszélgetések során elhangzottak azt a nézetet erősítették meg bennem, hogy a gyerekekben a tömeg és a térfogat mennyiségek rendkívül differenciálatlanul léteznek, sokan egymás szinonimájaként használták a két kifejezést¹².

E feladat megoldása során azonban a gyerekek feltehetőleg nyelvi teljesítőképességük határához értek, és nem született érdemi meghatározás. Inkább szavakat mondtak csupán, amelyekből arra következtethetünk, hogy a mindent kitöltő anyag képe sokaknál létezik (ezt azonosítják a semmivel), és még hosszú ideig megmaradhat azoknál a diákoknál is, akik a problémák elemzése során látszólag már a tudományos elképzeléseknek megfelelően magyarázzák a jelenségeket.

A részecskék közötti teret kitöltő „valami” elképzelésnek a megléte áll számtalan olyan tanulói válasz hátterében, amely látszólag a tudományos elképzeléseknek felel meg, csupán a toldalékok nem úgy illeszkednek a szavak végéhez, ahogyan azt a fizikát tanító tanár elvárná. Ezeket a válaszokat ki-ki ízlése szerint vagy jónak fogadja el, de megjegyzi, hogy a gyerek nem ismeri jól az anyanyelvét, vagy rossznak ítéli. Például a „levegő részecskéi mozognak” megfogalmazás helyett a „levegőben mozognak a részecskék” nyelvi változatot írja le a gyerek. Itt nyelvtanilag mindkét változat helyes, látszólag mindkettő a korpuszkuális anyagkép szerinti megfogalmazás, a gyermeki elmében működő modellek azonban alapvetően különbözhetnek. Az első valószínűleg megfelel a tudományos elképzelésnek, míg a második szerint gondolkodó a levegőt valószínűleg megkettőzte, van egy „mindent kitöltő anyag” és egy „mozgó részecske” jelentése is.

A gázmodell megkonstruálásánál újra és újra előkerülő, mindent kitöltő közeg megszületése és makacs jelenléte a gyermeki gondolkodásban valószínűleg az arisztotelészi fizika egyik fontos tételével van kapcsolatban. Arisztotelész fizikai rendszerében a nehéz tárgyak lefelé, a könnyű tárgyak pedig felfelé szállnak (Simonyi, 1978, 68 o.). A levegőről alkotott modellben szereplő golyók egy olyan mechanikai modell részei, amelyben az egyes részecskéknak vagy fel kellene emelkedniük (ha a gyerek könnyűnek képzei el azokat) vagy pedig le kellene süllyedniük, ha nehéznek. A hétköznapi tapasztalatok alapján sem egyik, sem pedig másik eset nem következik be, a levegő a körülöttünk lévő térben mindenütt található. Feltehetőleg ennek az ellentmondásnak a feloldására konstruálódik meg a „közeg”, amely kitölti a részecskék közötti teret, és ezzel „megtartja” a részecskéket, lehetővé téve azt, hogy a levegő egyik

¹¹ Értsd alatta a most tanult modellt.

¹² Ezt támasztja alá az osztályokban a tanév elején felvett diagnosztikus teszt, amelyben két feladat is foglalkozott e témakörrel, s a válaszok alapján a jelenség várható volt.

legfontosabb gyermeki bizonyítéka a lélegzés minden ésszerűen elérhető magasságban lehetséges legyen. A közegben viszont a részecskék már visszatérhetnek természetes állapotukhoz, a nyugalomhoz, miközben a közegben úszva-lebegve, mindenütt megtalálhatók.

Természetesen a gyerekek egy részének gondolkodásában már megjelenik a részecskemodell is. Ha ez a modell működésbe lép, vagyis megpróbáljuk felszínre hozni a gyermeki elmélet más részleteit, itt is nagyon különböző mentális modellekről szerezhetünk információt. A következő mentális modelleket arra a kérdésre válaszolva fogalmazták meg a gyerekek, hogy „Milyennek képzelőd el a levegőt, ha egy varázsló láthatóvá tenni azt számodra?”

Gyurika: Én úgy képelem el, hogy ilyen gömböcskék (kezével is mutatja) és olyan, mintha minden elől menekülne, és ha valami megváltozik, például ha elveszem a kezemet, mintha, mint a mágnes, vonzaná a részecskéket egyből oda, és útvonalai vannak. Például, amikor én beszélek, akkor jön ki a levegő (szájából kiáramló levegő útját mutatja) és akkor a részecskék mennek arra. Vagy fúj a szél, és a részecskék így egymást el sodorják. És ilyen össze-vissza sodrása van. ... És így csiszolódnak, szóval nincs köztük különbség ... mert oda már egyből be megy ...

Marci: Szerintem olyan, mint a porszemcsék! Át lehet rajta látni, de azért mindenhol van, és hát sűrű! Elég sűrű!

Tanár: Olyan, mint a porszemcsék ...

Marci: Amikor a nap megvilágítja a porszemcséket ...

...

Marci: Száguldoznak, össze-vissza.

Tanár: Csak fent vannak?

Marci: Nem. Mindenhol.

Gábor: Én úgy képelem, hogy ilyen kék foltokat látok, amelyek közel vannak egymáshoz, és ha például valaki felé megyek, akkor látom például a tüdejét, mert ott is levegő van, meg a körvonalaít látom, ahol a test körül van levegő, azt is.

Tanár: Ezek a kék foltocskák, amikről beszéltél, ezek egymáshoz érnek, egymástól távol vannak, mit csinálnak?

Gábor: Nem, ezek egymástól távol vannak, nem olyan nagy távolságra.

Tanár: És közéjük férnénk be?

Gábor: Igen! ...

Tanár: ... és sok ilyen kék foltocskát képzel?

Gábor: Igen, nagyon sok van, ...

Az anyagról alkotott elképzelések formálódása során egyre kisebb jelentőségű lesz a teret kitöltő anyag, vagy legalábbis az indoklásokban egyre ritkábban hangzik el az erre való hivatkozás. Az anyagszerkezeti modellel való ismerkedés kezdetén, az általam naiv részecskésképpnek elnevezett modellben a gyerekek a levegő, és így a gázok szerkezetét már hajlamosak inkább korpuszkuális jellegűnek képzelni.

Az anyagszerkezeti kép fejlődésének stációi a gyermeki gondolkodásban

Az előbbieken alapján az anyagszerkezeti ismeretekkel, elsősorban a gázok szerkezetével kapcsolatos gyermeki gondolkodás alakulásáról a következő fejlődési stációk körvonalazódnak¹³.

¹³ Igazából a sor elejére kívánczik a fogalom-fejlődésnek egy „0.” állomása, amely szerint az anyag (levegő) „semmi”, „álom”, de ezzel az elképzeléssel a kutatásba bevont osztályokban nem találkozottam. A hatodikos gyerekek számára a láthatatlan levegő létezése már elfogadott, és a vizsgálati situációban mindenki képzel valamit az őt körülvevő láthatatlan térbe. A diagnosztikus beszélgetéseken, és a tanév elején megíratott tesztnben adott válaszok alapján ezzel a gyermeki elképzeléssel nem kellett számolnom, ami nem jelenti azt, hogy más tanulási helyzetekben esetleg nem kell ilyen elképzeléssel is foglalkozni.

1. Folytonos anyagkép (vízszerű, a tér minden részletét egyenletesen kitöltő anyag)
2. „Mazsolás kalács” (a víz-szerű anyagban kisebb-nagyobb gömbölyű gócek lebegnek). A teret kitöltő víz-szerű anyag egyre halványabbá válik, jelentősége csökken, a hangsúly a benne mozgó „részecskékre=mazsolákra” kerül, a magyarázatokban a részecskék mozgása dominál, de számtalan jelenség magyarázatában így például a hőtágulással kapcsolatosak esetében is, a jelenségeket a folytonos közeg változásával magyarázzák a gyerekek)
3. „Naiv” részecske-kép: a teret kitöltő anyag léte nem szükséges a jelenségek magyarázatához, de a hőmérséklet-változásokor lezajló jelenségek magyarázatakor nem a részecskék mozgása, hanem méreteiknek növekedése jelenik meg. Ebben az elképzelésben a részecskéknek még nem tulajdonsága a mozgás, leggyakrabban melegítés hatására kezdenek el mozogni.
4. Tudományos igényű magyarázat: részecskékkal, illetve mozgásukkal magyarázza a jelenségeket.

Fontos eleme ennek a modellnek az is, hogy a gyerekek a „gáz” és a „levegő” szavakat egymás szinonimájaként használják. A gáz halmazállapot megnevezésére alsó tagozatban a „légnemű” kifejezést használták.

8.4.3.2. A részecskemodell elmélyítését és megerősítését segítő stratégia és az eredmények

Amikor a továbbiakban a gázokban lezajló néhány jelenség értelmezésére kértem őket, a kép további rétegei kerültek felszínre. A következő elképzelés egy 12 éves fiúval folytatott interjúból származik. Amikor a kérdező azt a kérdést tette fel a gyerekeknek, hogy mi történik, ha egy hideg és egy meleg szobát elválasztó ajtót kinyitnak, a következő választ kapta:

- Hát, a meleg és a hideg levegő kijön, betölti a másikat, helyet cserélnek.
- Miért?
- A hideg részecskék rezegnek, a melegek mozognak. Amikor összejönnek, ott maradnak, nem tudnak átmenni.
- Hogyan lehet az, hogy az egyik rezeg, a másik mozog?
- ... A hideg meg tud állni.
- A hideg marad egyhelyben, a meleg mehet ide-oda?
- Igen.
- Mi lesz akkor egy idő után a végső hőmérséklet? Az egyik szobában hideg lesz a másikban meleg?
- Igen.

A gyerek sajátos elképzelést alakított ki az egyébként hétköznapi, nyilván többször átélt szituáció magyarázatára, és egyáltalán nem zavarta meg az a korábban nyilván tapasztalt tény, hogy a jelenségek nem az ő előrejelzésének megfelelően alakulnak majd. Munkám során többször is tapasztaltam ezt a jelenséget, nevezetesen, hogy a gyerekek sokszor az adott magyarázó elmélet használatakor egyszerűen figyelmen kívül hagyják a hétköznapi tapasztalatokat. Még egy ilyen nyilvánvaló esetben is előfordul ez, hát még olyan iskolai körülmények között végrehajtott kísérletekben, ahol a jelenség csak egyszer figyelhető meg, és a gyerek nem is mindig igazán érti, hogy miért kell elvégezni az adott kísérletet. Ez arra hívta fel a figyelmet, hogy a jelenségek megfigyelése, a kísérletek iskolai elvégzése nagyon fontos elemei a tanulásnak, de ha nem vesszük figyelembe a gyerekek előzetes tudását, gyakran nem érjük el kívánt célt. Számtalanszor tapasztaltam, hogy egy-egy kísérlet során a gyerekek teljesen mást érzéltek, mint amit én tapasztaltam, s ami miatt a kísérletet az órán elvégeztük.

Energia és az anyagszerkezeti modellek

Egy további, tipikusnak mondható gyermeki elképzelés egyéni megjelenését érhetjük tetten a következő párbeszédben, amely egy másik, 12 éves budapesti fiúval felvett interjú szövegéből származik:

- Szerintem miért van az, hogy a levegő lehet hideg is és meleg is?
- Mert mindig változik.
- Hogy érted ezt?
- Amikor melegszik, akkor meleget vesz föl, és több energiája lesz, és ezt a több energiát érezzük melegnek.
- És amikor hidegnek érezzük?
- Akkor hideget vesz föl, és akkor kevesebb lesz az energiája.

Ebben a képen az energia, mint önálló anyagi entitás jelenik meg, amit lehet „felvenni” ekkor több lesz belőle, és leadni, ekkor általában kevesebb. Ennél a személyes modellnél a lehűlés egy másik energiafajta felvételével magyarázza a gyerek, nem pedig egyfajta mennyiségből a több-kevesebb birtoklásával. A gyerek számára a magyarázat kielégítő, őt nem zavarja, hogy nem felel meg a tudományos képnek.

Az energiát önálló anyagi létezőként értelmezi a következő válaszoló is, hiszen a levegő felmelegedését nem a levegőt alkotó részecskék mozgásának változásával, hanem a Naptól származó energia levegőbe kerülésével értelmezi. Így a hőmérsékletet nem a levegőt alkotó részecskékhez, hanem ehhez az „energia-anyaghoz” rendeli.

- És szerintem a levegőnek van hőmérséklete?
- Nincs. A Nap melegíti fel a földet, és az visszaveri, és ez melegíti fel a levegőt

Ez a megfogalmazás is azt mutatja, hogy gyerekekben a hőmérséklet fogalom alakulásakor gyakran megkonstruálódik egy hőanyag kép, amely segítségével viszonylag jól tudják értelmezni a tapasztalt jelenségeket.

Az anyagszerkezeti modell és a mozgásokról alkotott gyermeki elképzelések kapcsolata

Mint azt korábban bemutattam, a gyerekek túlnyomó többsége a mozgásokról arisztotelészi képpel rendelkezik. Ebben a testek természetes állapota a nyugalom, mozgás csak valamilyen erő hatására jön létre, ha egy testet ilyen hatás nem ér, akkor megáll. Ebből kiindulva, teljesen természetes, hogy a gyerekek a gázoknál is azt feltételezik, a részecskék mozgását mindig valamilyen külső hatás okozza. Igaz, a gyerekek elképzeléseiben egy-egy ilyen hatás nagyon hosszú ideig képes mozgásban tartani a részecskéket.

- Gyurika: Hát, becsukom a könyvet, és akkor a részecskék így egyből mennek el onnan, és egyből, mindig, és amikor elindul, akkor gyorsan megy, és egyre lassúbb.
- Tanár: Tegyük fel, hogy mindenki megigéri, hogy nem fog mozogni!
- Osztály: Akkor lelassulnak! De levegőt akkor is veszünk!
- Tanár: Jó, akkor az osztályteremben nincs senki, ablak be van csukva, ajtó be van csukva. Tökéletesen szigetelt az ablak, ami most nem, de lehet szigetelni, akkor is mozognak-e a részecskék?
- Kati: Szerintem igen, mert amíg bent vagyunk, és az egyik részecske megmozdul, az összeütközik a másikkal, és ez így folyamatosan megy.
- Tanár: Szóval azt mondod, hogy azt a mozgást őrzi meg a gáz, amit mi belemozdítottunk!
- Kati: Hát egy ideig!

Nem meglepő, hogy a gyerekek ilyen értelmezési kereteket alakítanak ki, hiszen a modellt, amelyet a jelenségek magyarázatára felkínálunk, valóságos mozgások képéből építik fel.

Ettől az elképzeléstől teljesen függetlenül lehet a jelenségeket úgy magyarázni, hogy a melegebb testek részecskéi gyorsabban a hidegebb testek részecskéi pedig lassabban mozognak. Arra, hogyan keletkezik a gyerekek fejében egységes modell a különböző ismeret-morzskákból szép példa a következő:

Az idézet az osztállyal folytatott diagnosztikus beszélgetésnek abból a részéből származik, ahol azt próbáltam meg kideríteni, mi a helyzet a részecskék mozgásával.

Tamás: Most már rengeteg sok minden összegyűlt a fejemben. Na szóval, kezdjük onnan, hogy megpróbálok válaszolni a kérdésekre. Eszembe jutott, hogy a meleg levegő az könnyebb, tehát felszáll. A hideg levegő meg hát nem leszáll, de lejjebb van, mint a meleg a levegő, és így mindig forognak, tehát ... helyet cserélnek.

„A meleg levegő felszáll, a hideg nehezebb leszáll” típusú magyarázat elemek szinte rendszeresen felbukkannak a gyerekekkel folytatott beszélgetések során. Ez a közbeszédben is gyakran használt szófordulat azt a képet kelti a gyerekekben, hogy a meleg levegő részecskéi nagyobbak, vagyis felfújódnak, mint a léggömb, ezért könnyebbek és így felszállnak, mint a buborékok a vízben. Ráadásul, mint az korábban láttuk, a gyerekek jelentős részénél az anyagszerkezeti modell alakulása során van egy a részecskék közötti teret kitöltő, „vízszerű” anyag. A hideg levegő részecskéi kisebbek, tömörebbek, nagyobb a sűrűségük, tehát lent helyezkednek el. A mozgást a levegőbe így a napsugárzás „viszi bele”, ami persze igaz, de nem ez a magyarázata. Ez az elmélet, noha egyáltalán nem felel meg a tudományos elképzeléseknek, de nagyon sok jelenség sikeres magyarázatát teszi lehetővé. Így aztán, ha a tanítás során nem kerülnek felszínre és nem változnak meg ezek az elképzelések, akkor a konfliktusok belső eliminálásának kényszere működésekként olyan mentális modellek jönnek létre, amelyek egy idő után már olyan távol állnak a tudományos modellektől, hogy a diák magát a kérdést, vagy a tankönyv által felvetett problémát sem érti meg.

Az anyagszerkezeti modell megfogalmazása után arra helyeztem a hangsúlyt, hogy ennek a modellnek a használhatóságát bizonyítsuk. Ennek érdekében nagyon sok hétköznapi jelenséget magyaráztunk e modell alapján. E magyarázatok során egy a modell értelmezésével kapcsolatos újabb nehézségre is fény derült. Ez pedig a részecskék állandó mozgásának elfogadása. Ha alaposan végiggondoljuk, hogy miért nehéz ezt a tulajdonságot elfogadniuk a gyerekeknek, egyáltalán nem meglepő a lehetséges magyarázat.

A modellekkel való ismerkedés, a formális elsajátítás első közelítésben viszonylag könnyű, ám az alkalmazás során, amikor a modell „élni kezd” több értelmezési probléma is felmerül. A modell alkalmazása során fontos szerepet kapnak azok a jelenségmagyarázatok, amelyek során a hőmérséklet változása miatt figyelhető meg valamilyen történés. E jelenségek magyarázatánál ismét kiderül, hogy milyen nehezen emészthető meg a gyerekek számára az a modellbéli állítás, hogy a részecskék állandóan mozognak. A legtöbben úgy képzelik, hogy lényegében egy helyben vannak a részecskék, és csak akkor mozdulnak el onnan, ha az anyag áramlik, vagy megkeverjük, vagy valamilyen módon mozgásba hozzuk. Úgy vélem, hogy e nehézséget az arisztotelészi mozgásképp okozza, amelyben a testek természetes állapota a nyugalom, és a mozgás fenntartásához erőre van szükség. A gyerekek a legfurfangosabb módon próbálják becsempészni a mozgató okot a jelenségmagyarázatokba. Az egyik osztályban például arra a jelenségre, hogy miért keverednek el a levegőben a különféle illatanyagok, „Hogyan jut a hagyma szaga az orrnkhoz?” a következő magyarázat született:

- Egy szobában akkor is van, ami mozgatja a levegő-részecskéket, ha semmi sincsen nyitva, nincsen huzat!
- Persze, hiszen a levegő részecskéi mozognak!
- Mozognak, hiszen a szobában ahhoz, hogy hagymát vágassunk, mi is ott vagyunk és az mozog is, ezzel mozgásba hozza a levegőrészecskéket, amelyek aztán szállítják a hagyma szagát mindenhová!

- De akkor is elterjed az illat, ha a szobában mozdulatlanul ülünk és kinyitjuk egy illatszeres üveg tetejét.
- A levegő szempontjából ez nem jelent mozdulatlanságot, mert a lélegzéssel is mozgásba hozzuk a levegőt!

Úgy gondolom, hogy a magyarázat mélyén, háttérben ugyan, de ott áll szilárdan az arisztotelészi mozgáskép: A mozgáshoz mozgatóerő kell! Ezért olyan nehéz befogadniuk a gyerekeknek az anyagszerkezeti modellekben a részecskék mozgásával kapcsolatos állításokat, mert alapvetően ellentmond annak a tapasztalati világnak, ahonnan e modell építkezik! Márpedig a modell könnyen tanulhatósága éppen abban áll, hogy a gyerekek jól el tudják képzelni az ide-oda pattogó, kemény golyókat, de ebben a képben a golyók mozgása egyre lassul, és ha nem avatkozunk bele, akkor megállnak. Ezzel szemben az anyagszerkezeti modellekben a részecskék „mozgásban léteznek”, és ez az az állítás, ami megnehezíti a modell alkalmazását. Elképzelhetőnek tartom, hogy azok mögött a gyakori gyermeki magyarázatok mögött, hogy magasabb hőmérsékleten az anyag részecskéi megnőnek, lényegében az arisztotelészi elgondoláshoz való ragaszkodás is rejlik. Különösen akkor, ha azt is tekintetbe vesszük, hogy a szilárd testek hőtágulása milyen közismert jelenség, és a szilárd test részecskéinek mozgását milyen nehezen fogadják el a gyerekek.

A gyermeki világmagyarázatokban gyökeret verő elméletrendszerek legmakacsabbika a mozgásokkal kapcsolatos, és eddigi tapasztalataim alapján a legnehezebben átalakíthatók közé tartozik. Úgy tűnik, hogy nemcsak a mozgások magyarázatára van hatással, de olyan mértékben befolyásolja a gyermeki gondolkodást, hogy az anyagszerkezeti modellekkel összefüggő konstrukciókra is jelentős befolyással bír.

A belső képek megfogalmazásának nehézségei (explicit és implicit tudás)

Ennek a témának a feldolgozása során szembesültem egy olyan nehézséggel is, ami a többi területet csak kevésbé érintette. Ebben a témában a gyerekeknek olyan belső képeket kell/kellene megfogalmazniuk, amelyek szavakba öntéséhez megfelelő szókinccsel és technikákkal csak kevesen rendelkeznek közülük. Az előzetes tudás finomabb részleteinek vizsgálatához azt kellett elérni, hogy a szak kifejezések bevezetése előtt, maguk alkotta kifejezések, hasonlatok segítségével beszéljenek egy az elméjükben megkonstruált modellről. A tanár feladata nem egyszerű. Egyrészt meg kell értenie a gyerekekkel, hogy gondolataik értékesek és fontosak a továbbiak szempontjából, másrészt egymásnak is segíthetnek azzal, ha megpróbálnak szavakat találni gondolataik megfogalmazásához, továbbá egyszerű szavakkal, hasonlatokkal fontos ismereteket lehet kifejezni. A beszélgetések során nagyon nehézkesen kezdtek hasonlatokat alkalmazni a magyarázatokban, kezdetben egyidejűleg több alternatívát is fel kellett kínálni a belső képek szavakba öntéséhez, és csak ez után próbálkoztak önállóan is kifejezésükkel. Ahhoz, hogy egy ilyen feltáró beszélgetés sikeres legyen, hogy a gyerekek egymás előtt megnyilatkozzanak, nagyon speciális közösségi viszonyokra van szükség. A kutatásba bevont összes osztállyal nem is lehetett ilyen jellegű feltáró beszélgetések folytatni.

Energia, hőmérséklet, halmazállapot változások anyagszerkezeti értelmezése

Az anyag részecskéinek „együtt maradása”, a folyékony és a szilárd halmazállapot leírása már túlmutat a golyómodell határain. Ez lesz az a probléma, amelybe majd belekapaszkodik a kémia, és felfejti az atomok szerkezetét leíró törvényeket. Hasznosan működő modellt alakíthatunk ki azonban azzal, ha a részecskék közötti vonzást beemeljük

a leírásba, hiszen így lényegesen megnőnek annak a jelenségek körnek a határai, amellyel az órákon dolgozhatunk. Hétköznapi jelenségek sokasága válik értelmezhetővé, és nem utolsósorban az energia-fogalom és a hőmérséklet fogalom alakítására is kiváló lehetőségünk kínálkozik.

A gyerekek túlnyomó többsége számára látszólag nem okoz semmilyen gondot annak elképzelése és elfogadása, hogy egy folyadék, vagy egy szilárd anyag részecskéi melegítés hatására gyorsabban mozognak. A gázok esetében már nem ennyire egyértelmű a dolog. Megfigyelték például, hogy egy félig telt, meleg szobában tárolt műanyag üdítő palack oldala behorpad, ha hideg helyre (hűtőbe) tesszük. Tudják, hogy ha a feszesre felfújt focilabda a napon marad, könnyen kidurranhat, mert a „meleg hatására felfúvódik”. A gázok hőmérséklet növekedés hatására bekövetkező térfogat-növekedését először a legtöbben a részecskék megnövekedésével magyarázzák. Az alternatív magyarázatként megjelenő sebesség-növekedéses magyarázatot is elfogadhatónak tartják, de szemmel láthatólag közelebb áll hozzájuk az előbbi változat. A helyzet annak ellenére ez, hogy a folyadékok esetében a gyerekek javaslatára egészítjük ki a modellt azzal, hogy magasabb hőmérsékletű vízben a részecskék gyorsabban mozognak¹⁴. A modell további alkalmazásai során azonban egyre figyelmeztetőbben jelentkeznek azok a jelek, amelyek alapján arra következtethetünk, hogy a gyerekek egy jelentős része úgy képzei, hogy az anyagok részecskéi melegítés hatására kezdenek el mozogni, nem pedig azt, hogy a már korábban is meglévő sebességek módosulnak. Úgy képzelik, hogy a részecskék „megmozdulását” a környezettől felvett energia okozza.

A részecskék méreteinek növekedéséről alkotott gyermeki elképzelés a tanulmányok folyamán makacsul tartja magát, újra és újra felmerül. Különösen azoknál a jelenségeknek bukkan fel ismételten, amelyek az anyagok térfogatának növekedésével is járnak. Így a hőtágulással kapcsolatos jelenségek értelmezése során gyakran születtek olyan magyarázatok, amelyekben a magasabb hőmérsékleten megnövekedő részecskék képe jelenik meg.

Nagyon nehezen épül be a gondolati rendszerekbe a mozgás megváltozásához kötődő hőmérséklet-fogalom. Különösen nehezen képzelhető el a jelenség a gyerekek számára szilárd testek, és a folyadékok esetében. A dolog háttérében a korábban említett arisztotelészi elképzelésen túl, a folytonos anyagról alkotott gyermeki modell továbbélését, aktiválódását vélem, hiszen mind a szilárd, mind pedig a folyadék halmazállapotú anyagok esetében az anyag szemmel látható, és a teljes kontinuum térfogata változik meg a jelenségek során. Akármilyen legyen is a gyermeki gondolatok háttérében, az elméletek harca érzékelhetően folytatódik.

A kutatásba bevont osztályokban figyeltem fel először arra a gyermeki elképzelésre, amely szerint az anyagok hőmérsékletnövekedés hatására bekövetkező térfogatváltozásának az oka a részecskék közötti teret kitöltő anyag „megdagadása” vagy „összeszugoordása”. Ezzel az elképzeléssel a korábbi tanítás során még nem találkoztam, és a szakirodalomban sem találtam utalást erre a jelenségre. Az a gyerek konstruálta meg ezt a magyarázatot, akinek az anyagszerkezeti modell tanulásának kezdetén a legnagyobb gondot okozta, hogy a részecskék között nincsen semmi, illetve a „semmi” definíciójához makacsul vissza-visszatért. Az ő gondolati rendszerében erősen élhet egy olyan anyagszerkezeti kép, amit teljes részletességgel még nem sikerült felfejteni, de leginkább a „mazsolás-kalács” modellhez hasonlítható. Ugyanakkor a tanult modell alkalmazásában is a legeredményesebbek közé tartozott, kreatív, általában többféle magyarázatot is kigondolt az egyes problémák értelmezésére. Magyarázataiban szinte plasztikusan kitapintható a

¹⁴ Az ehhez használt kísérlet az volt, hogy hideg, illetve meleg vizet tartalmazó poharakba egyidejűleg ejtettek kálium-permanganát kristályokat, és megfigyelték, hogy mi történik. A meleg vízben sokkal hamarabb elterjedt a lila szín, és a csoportok többségében a megbeszélés során már meg is született a megfelelő magyarázat.

rivális elméletek harca, ám az elméletek pillanatnyi tartalmáról nehéz pontos képet alkotnunk.

A tanítás során rendkívül érdekes helyzetek sokasága adódott a halmazállapot változások témakörének tárgyalása során. Ebben a témakörben az anyagszerkezeti modell alkalmazása mellett központi szerepet kap az energia-fogalom építése, különösen a belső-energiáé, amit a tankönyv és a köznyelvi szóhasználat hőenergiának is nevez. A nélkül, hogy itt most kitérnék a fogalmak tartalmi elemzésére, le kell szögezni, hogy a tanulásnak ebben a kezdeti szakaszában, a gyerekeknek nagy nehézséget jelent a hőmérséklet és az energia fogalom elkülönítése. A tanév kezdetekor megválaszolt diagnosztikus feladatok esetében a gyerekek több mint kétharmad része adott olyan választ az egyik kérdésre, amely a hőmérséklet és az energia fogalmának differenciálatlanságára utalt.¹⁵ A fogalmak értelmezése, szétválasztása, és az új tudásrendszer lehorgonyzása a jelen kutatáshoz illeszkedő tanítási folyamatban vette kezdetét. Így érthető, hogy ez az összetett problémakör tárgyalása nemcsak az anyagszerkezettel kapcsolatos gyermeki elmélet alakulásának tekervényeiről, de az energia-fogalom alakulásáról is szolgáltat információt.

A halmazállapotok anyagszerkezeti értelmezésére a modellek bevezetésekor került sor. A gyerekek a bevezetett modelleken belül biztonságban tájékozódtak. Akinek nehezebben ment a jelenségek önálló magyarázata, az is elfogadhatóan teljesített a magyarázatos értelmezésében, elemzésében. A csoportokban végzett elmélet-alkotó, és jelenségmagyarázó feladatokban mindenki aktívan részt vett. A tanulásnak ebben a kezdeti szakaszában nem okozott gondot annak az elfogadása, hogy ugyanannak az anyagnak mindhárom halmazállapotában ugyanazok a részecskék az adott anyag alkotóelemei. A hőmérséklet növelését az órákon nagy természetességgel kapcsolták a részecske-mozgás gyorsulásához. Az anyag melegítésekor természetesen jutunk el ahhoz a hőmérséklethez, amelyen az anyag halmazállapota kezd megváltozni, olvad, vagy forrás közben elpárolog. A halmazállapot-változásokkal már alsó tagozatban is foglalkoztak a gyerekek, legtöbbször ismerték és használták a megfelelő szakkifejezéseket.

A víz mindhárom halmazállapotban ismert, természetesen adódik, hogy e témakör feldolgozása során ezzel az anyaggal kísérletezzünk. Rögtön a téma elején felmerült az a kérdés, hogy mi a neve például a szilárd higanynak? A kérdés háttérében az állt, hogy a víz esetében mindhárom halmazállapotnak más a neve (jég, víz, gőz) és a gyerekek egy része azt gondolta, hogy ez a többi anyag esetében is így van, hiszen így könnyebb megkülönböztetni az egyes állapotokat. Komoly beszélgetés kerekedett abból, hogy miért nem ez a helyzet az anyagok megnevezése körül. A víz különböző halmazállapotainak más eredetű megnevezése gyerekek által tanult nyelvek esetében is megfigyelhető. Végül is megállapodtunk abban, hogy amikor a nyelv keletkezett, még nem tudták az emberek, hogy ez a három olyan különbözőnek látszó anyag bizonyos szempontból ugyanaz. Ezzel szemben, mivel nagyon gyakran előfordult a környezetükben, ezért volt fontos volt számukra, hogy megnevezzék a jeget, a vizet és a vízgőzt. E beszélgetést figyelve kellett arra rádobbnem, hogy a gyerekek egy része most szembesült igazán azzal, hogy ezek az anyagok bizonyos szempontból azonosak, s a szavak eredetének firtatása is ezt a felismerést látszik tudatosítani.

A halmazállapot-változások során elsőként azt vizsgáltuk, hogy mit mutat a hőmérték miközben a jég olvad. A gyerekek egyöntetűen azt várták a méréstől, hogy a hőmérséklet növekedni fog. A mérés során a csoportok a mélyhűtőből éppen hogy kivett jégből készített jégkását kaptak, aminek kezdeti hőmérséklete -5°C és -8°C között volt. Érdekes, hogy a gyerekek nem kis része gondolta úgy, hogy a jég nem lehet hidegebb, mint 0°C , s így például a mérés során felvett néhány kezdeti adatot a grafikonokon többen nem is

¹⁵ A tesztben a feladat a következő volt: Mennyi lesz a közös hőmérséklet akkor, ha egy pohár 30°C -os vizet és egy vele azonos mennyiségű vizet tartalmazó 60°C -os vizet összeöntünk?

ábrázolták. A mérés során a főzőpohárban lévő olvadó jég-víz keverék a vele érintkező környezettől kapott energiát, más melegítést nem alkalmaztunk.¹⁶ A mérés során több percig nem változott az anyag hőmérséklete, a gyerekekkel közben meg is beszéljük, hogy ezt eredetileg nem így gondolták. A mérési eredményeknek a várakozástól való eltérése azonban nem jelentette azt, hogy a továbbiakban már „tudták”, hogy az olvadó jég hőmérséklete nem változik. A kísérletet követő megbeszélések során, mikor arra kerestünk magyarázatot, hogy mire fordítódik a környezettől felvett energia olvadás közben, a következő magyarázatok születtek:

- A hőmérsékletet növeli, csak olvadás közben a hőmérséklet sokkal lassabban nő, ezt a hőmérő nem érzékeli, pontosabb hőmérővel biztosan ki lehetne mutatni.
- A jég nem vesz fel/át energiát a környezetétől, mert a jég energiája nagyobb, mint a vízé. (?)

Érdekes megállapítások születtek a jég és a víz belső energiájával és hőmérsékletével kapcsolatban is.

- a jég nem lehet hidegebb, mint 0°C-os,
- a jégnek nagyobb az energiája, mint a víznek,
- az olvadó jég-víz keverékében a víznek magasabb a hőmérséklete, mint a jégnek

A hőtágulással kapcsolatos jelenségek értelmezése során elemi erővel robbant ki a gyerekekből a melegítés hatására „növekedő” részecskék képe. A bemutatott jelenségekre, az elvégzett kísérletekre először most is csoportokban kellett magyarázatot találni. A magyarázatkeresés során alig néhány esetben alakult ki vita, született más megoldás. Ebbe a biztonságosnak látszó világba csak néhány gyereknél okozott zavart, hogy a víz esetében másfajta viselkedés tapasztalható. Nem sikerült azonban feltárni ezekben az esetekben a gyermeki gondolkodás finomabb régióit, de miután a gyermeki gondolkodás fontos kérdéseiről lehet itt szó, ezt a problémát a továbbiakban még vizsgálni kell.

Ez a jelenségcsoport (különösen a folyadékok és a szilárd testek esetében) kísérletes biztonsággal terelte az értelmezést a növekvő részecskék elképzelése felé. Valószínűsíthető, hogy ebben a kontextusban a folytonos anyagkép a domináns, és az anyagszerkezeti ismereteken alapuló magyarázat még csak éppen hogy gyökeret vert a rivális elméletek között. A gyerekek az alternatívaként elmondott, tudományos igényű magyarázatot megértették, a későbbiekben képesek voltak jól alkalmazni.

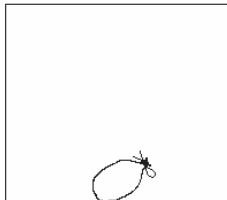
8.4.4. A részecskemodell megértése és az arisztotelészi világmagyarázat kapcsolata

Annak érdekében, hogy lássam, mennyire mélyült el a részecskéképpel kapcsolatos tudás, egy olyan feladat megoldására is kértem a gyerekeket, amelyben nemcsak a részecskékép, de a korábban ennek formálódásakor újra és újra előtérbe kerülő arisztotelészi elmélet is megjelenhetett. A vizsgálatához a következő feladatot választottam:

¹⁶ A korábbi esetekben megfigyeltük, hogy például a borszeszegővel való melegítés során a hőáramlás miatt nagyon változatos mérési adatok születtek, s ezekből az eredményekből csak az képes kihámozni, hogy olvadás során nem változik a jég hőmérséklete, aki ezt már korábban is így gondolta.

32. ábra: A részecskemodell és az arisztotelési elképzelések kapcsolatát vizsgáló feladat

A rajzon ábrázolt nagy tartályban félig felfújt léggömb van. Mi történik a léggömbbel, ha a tartályból kiszivattyúzzuk a levegőt? Mért?



A kérdést négy olyan nyolcadik osztálynak tettem fel, amelyekkel az anyagszerkezeti modellt hatodikban tanultuk. Mivel az eredmények ismeretében érdekes volt, hogyan vélekednek a gyerekek a probléma megoldásával kapcsolatban a szakrendszerű fizika tanulás kezdetén, ezért később négy ilyen osztályban is felvettem adatokat. A nyílt kérdésre adott válaszokat kategorizáltam. A válaszok e kategóriák közötti megoszlását a következő táblázat mutatja. Az adatok az egy osztályból válaszolók százalékát mutatják.

33. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a léggömbbel kapcsolatos feladat esetében

	Lufi tartályban									
	Nincs v. értelmetlen válasz	Semmi	Fel – nincs v. értelmetlen magyarázat	Fel – levegő nem nyomja le	Fel – benne lévő levegő miatt	Fel – levegő, gravitáció miatt	Jó – nincs v. értelmetlen magyarázat	Jó – vákuum szív	Jó válasz – jó magyarázat	Csökken a mérete
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1997/1998 8.a	4,3	4,3	4,3	13,0		4,3	13,0		52,2	4,3
1997/1998 8.b	20,0	6,7	13,3	20,0			13,3		20,0	6,7
1999/2000 8.a	7,7		7,7			15,4	38,5		23,1	7,7
1999/2000 8.b	7,7	19,2	7,7	7,7	7,7		11,5	3,8	3,8	30,8
2001/2002 5.a	7,7	26,9	7,7	19,2					3,8	34,6
2001/2002 5.b	4,0	8,0	8,0	8,0		4,0	4,0	12,0	12,0	40,0
2001/2002 6.a	20,0	4,0	16,0	4,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	24,0
2001/2002 6.b	10,0	5,0	5,0	15,0	5,0		20,0		10,0	30,0
2001/2002 6.c	7,7	11,5	7,7	7,7			26,9		15,4	23,1

A válaszokból látszik, hogy a nyolcadikosok általában nagyobb arányban adnak a kérdésre a tudományos elméletnek megfelelő választ, mint azok a gyerekek, akik még a szakrendszerű fizikatanulás előtt állnak. Ez alól a vizsgáltak közül egyetlen osztály képezi a kivételt, itt azonban bármilyen körülményben is elemeztem a helyzetet, nem tudtam annak nyomára bukkanni, hogy mi okozhatja a többi osztálytól való ilyen nagymértékű eltérést a válaszok megoszlásában. Sem a tantárgyhoz való viszony tekintetében, sem a gyerekek előéletében, sem a tanulás folyamatában nem találtam olyan elemet, ami különbségek magyarázatául szolgálhatott volna.

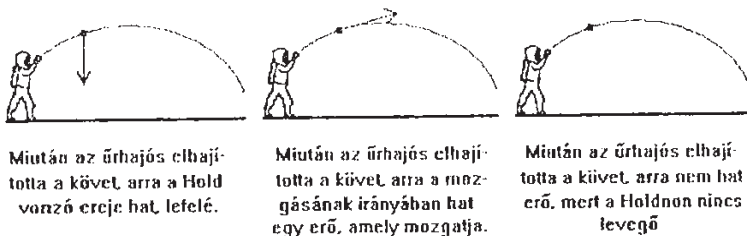
Mivel a kérdésre adott válasz indoklására is kértem a gyerekeket, így képet kaphatunk arról is, hogy hogyan magyarázták előrejelzésüket ezek a tanulók. A legtöbb válasz azt a magyarázat-elemet tartalmazta, hogy a tartályból kiszivattyúzott levegő helyére a léggömbből kerül ki a benne lévő gáz, így annak térfogata csökken, „leereszt”. Voltak, akik azt írták, hogy a léggömb falán át szívárogi ki a benne lévő levegő. Sem a válaszok

elemzésével, sem pedig a megbeszélések során nem sikerült választ találni arra, hogy mi áll ennek a gyermeki magyarázatnak a hátterében.

A válaszokat elemezve megfigyelhetjük, hogy minden osztályban megjelenik az arisztotelészi elméletnek a levegőre vonatkozó kitétele, amely szerint a „könnyű dolgok felfelé szállnak”. Feltehetőleg ez az elmélet működik azoknál a gyerekeknél, akik a tartályban lévő levegő kiszivattyúzása után a léggömböt felemelkedni várják. A léggömbben levegő van, a levegő könnyű, a könnyű dolgoknak pedig felfelé kell mozogniuk.

A magyarázó elméletek között megjelenik egy a levegő és a gravitáció kapcsolatát fordított oksági kapcsolatban feltételező elképzelés. E szerint az elképzelés szerint a levegő léte nem következménye annak, hogy a Földön a gravitáció éppen megfelelő mértékű ahhoz, hogy a légkört megtartsa, hanem a levegő okozza a gravitációt. Megpróbáltam elemezni, hogy az e kérdésben megjelenő elmélet nagyobb arányban is előfordul-e a kutatásba bevont osztályok esetében. Ehhez egy olyan feladatot választottam, amelyben egy űrhajós, a Holdon elhajít egy követ, és a mozgás pályájának felfelé ívelő szakaszában jelölt pontban kértem, adják meg a gyerekek, milyen erő hat a mozgó testre.

34. ábra: A levegő és az arisztotelészi elmélet közötti kapcsolatot vizsgáló feladat



A válaszokat előre megadott alternatívák közül kellett kiválasztaniuk a tanulóknak. A feladatban a három tipikus tanuló válasznak megfelelő módon szerepeltek az erők. Az első képen a tudományos magyarázatnak megfelelő ábra látható; a másodikikon érintő, vagyis mozgás irányú erőt jelöltünk; a harmadik esetben nincsen erő. Az egyes ábrákhoz tartozó indoklások, amelyek a feladat leírásában szerepeltek, az következő táblázat felső sorában láthatók.

35. táblázat: „Milyen erők hatnak egy elhajított kőre a Holdon?” kérdésre adott tanulói válaszok megoszlása

	Elhajított kőre ható erők a Holdon					
	Nincs válasz, vagy értelmezhetetlen	1. Miután az űrhajós elhajította a követ, arra a Hold vonzóereje hat, lefelé	2. Miután az űrhajós elhajította a követ, arra a mozgás irányában hat egy erő, amely mozgatja	3. Miután az űrhajós elhajította a követ, arra a nem hat erő, mert Holdon nincs levegő	2. és 3.	1. és 2.
	%	%	%	%	%	%
2000/2001 7.a		13,6%	13,6%	36,4%	18,2%	18,2%
2000/2001 7.b		6,3%	25,0%	50,0%		18,8%
2000/2001 8.a	5,0%	10,0%	25,0%		35,0%	25,0%
2000/2001 8.b	5,6%	5,6%	16,7%	44,4%	22,2%	5,6%
2001/2002 8.a	9,1%	13,6%	27,3%	18,2%	13,6%	18,2%

Miután a feladat megfogalmazása több lehetséges választást is lehetővé tett, így viszonylag kevés az értelmezhetetlen válaszok aránya. Ezek inkább azok közül kerülnek ki, akik nem válaszoltak a kérdésre, illetve akik módosították az eredeti feladatot. A válaszok megoszlása alapján az látszik, hogy a legtöbben úgy vélik, hogy a Holdon nincsen gravitáció, és ezt a levegő hiányával hozzák kapcsolatba. Egy újabb konstrukció, amely befolyásolja a gyerekek válaszait, s amelynek hátterében az arisztotelészi elmélet elemei találhatók.

E kis kitérő után térjünk vissza annak a kérdésének az elemzéséhez, hogy mennyire sikerült az anyagszerkezetről tanultakat a gyerekeknek magyarázó elméletként felhasználniuk. A következő táblázat a 31. ábrán látható feladatra adott válaszok megoszlását mutatja, a különböző évfolyamok esetében.

36. táblázat: „Mi történik, a félíg felfújt léggömbbel, ha a tartályból kiszivattyúzzuk a levegőt?” kérdésre adott válaszok megoszlása

	Lufi tartályban									
	Nincs v. értelmetlen válasz	Semmi	Fel – nincs v. értelmetlen magyarázat.	Fel - levegő nem nyomja le	Fel - benne lévő levegő miatt	Fel - levegő, gravitáció miatt	Jó – nincs vagy értelmetlen magyarázat	Jó, de vákuum szív	Jó válasz, jó magyarázat	Csökken a mérete
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
5. oszt. (41 fő) 10-11 éves	5,9	17,6	7,8	13,7		2,0	2,0	5,9	7,8	37,3
6. oszt. (71 fő) 11-12 éves	12,7	7,0	9,9	8,5	2,8	1,4	18,3	2,8	11,3	25,4
8. oszt. (79 fő) 13-14 éves	9,1%	9,1%	7,8%	10,4%	2,6%	3,9%	16,9%	1,3%	24,7%	14,3%

A problémát helyesen előrejelzők aránya a tanulásban való előrehaladással növekszik, és ezzel egyidejűleg csökken azoknak az aránya, akik éppen a valóságos változással ellentétes folyamat bekövetkezését várják a jelenség során. Noha a vizsgálatba bevont diákok száma nem túl magas, mégis megköszönhető az az állítás, hogy ennek a hátterében a tanítási folyamat eredménye jelenik meg, mind a helyes előrejelzés, mind pedig a tudományoshoz közelítő magyarázatok tekintetében.

9. A KUTATÁS EREDMÉNYEINEK ÖSSZEGZÉSE

Dolgozatomban a konstruktivista szemléletű tanítási gyakorlat megvalósítása érdekében konstruált didaktikai rendszer kipróbálását és bemutatását tűztem ki célul. E rendszer kialakításának egyik fontos célja volt, hogy konkrét, a gyakorlati munka során használható eljárásokat, javaslatokat, ötleteket szolgáltatson azoknak a fizika tanítását végző tanároknak, akik munkájuk hatékonyabbá tételének érdekében megismerkednek a konstruktivizmus eszmerendszerével, és elhatározzák ennek gyakorlati alkalmazását is. E hosszú évek munkája során körvonalazódott didaktikai rendszer állandóan formálódóban, bővülőben van, hiszen alapja a gyermekekből való kiindulás. A gyermeki elképzelések, elméletek rendszere állandóan a napi élet jelenségeiből, hasonlataiból, tárgyaiból, a technikai- és társadalmi környezetben szerzett tapasztalatokból táplálkozik, ezért állandóan változó eleme ennek a rendszernek.

A mindennapi munka során előtérbe kerül, és új tartalmakkal bővül a tanári tudás. Fontos elemévé vált a gyerekekből való kiindulás, amelyhez az elv gyakorlati megvalósítása során a tantárgyi tartalmakhoz kötődő előzetes tudás vizsgálata, elemzése éppúgy hozzátartozik, mint a tanulóközösség, az osztály, közös hagyományainak, társadalmi tapasztalatainak megismerése. Ez a munka újszerűsége miatt is különösen sok energiát követel a konstruktivista szemléletű tanítás során. Nagy segítség lenne, ha a fizikatanítással foglalkozó szaksajtóban segítséget kaphatnának a fizikatanárok ehhez a munkához. A kémia tanítása területén rendre jelennek meg a konstruktivista szellemű tanítási folyamat eredményeiről szóló beszámolók. A fizikatanárok számára magyar nyelvű szakirodalom, kutatási beszámolók, a mindennapi munkát segítő folyóirat nincs, noha kétségtelenül az utóbbi 10 évben jelentek meg ilyen szemléletű írások. Bár az utóbbi évtizedben több fontos szakirodalmi anyag is elérhető magyar nyelven, a hazai módszertani folyóiratokban nem érezhető e területen az a pezsgés, amely a világ más területein tapasztalható. A fizika tanításának problémái ezzel szemben folyamatosan napirenden vannak. A megoldási javaslatok után kutatók számára nagy segítséget jelenthetnének azok az eredmények, amelyeket például a gyerekek előzetes tudásának elemzésével foglalkozó kutatások felszínre hoztak.

A tanulási folyamat főszereplője a gyermek. Az ő szempontjából alapkérdés, hogy érdekelt legyen abban, amit és ahogyan tanul. A természettudományos tantárgyak, és ezeken belül a fizika tanulás motivációjának drasztikus csökkenése komoly kihívás elé állítja szinte az egész világot. A munkám során szerzett tapasztalatok azt mutatják, hogy a korábban ismertetett eljárások (a gyerekek bevonása az alkalmazott módszerekbe, előzetes tudásuk azonosítása korábbi tudományos képekkel, stb.) segítik a tanulási motiváció megtartását, esetenként képesek e motiváció pozitív megváltoztatására is. További, nagyobb mintákon végzett vizsgálatok szükségesek annak ellenőrzésére, hogy ez a tendencia a kutatás keretein kívül is kimutatható-e, s ha igen, hatása mennyire tartós.

A gyerekek tanulásának eredményesebb tétele szempontjából fontos mozzanat, hogy rá kell irányítani figyelmüket saját tanulási folyamataik természetére. A tanulási folyamat tervezése során fel kell kínálni többféle tanulási utat, hogy ezek kipróbálása során eldönthessék, nekik melyik felel meg a leginkább. A tanulási folyamat legfontosabb célja az értő tanulás elérése. Nem várható el, hogy bárki motivált legyen olyan tanulásban, ahol a legfontosabb alapfogalmak értelmezésében a saját fogalomalkotása különbözik az iskola által elvárt elképzelésektől. A tanulás minden pillanatában figyelembe kell vennünk, hogy a gyerekek a különböző fogalmak értelmezése terén is különböző tudásokat birtokolnak. A tanulást-tanítást a tanulók konstrukciós folyamatai alakulásának összességéként értelmező

felfogás szerint a tanár csak reflektív módon dolgozhat, állandó visszajelzései, tanácsai vezethetik a gyerekeket a tartós, és használható tudás létrehozásához.

Ez a tanítási gyakorlat a tanítás szervezésével-tervezésével kapcsolatosan új pedagógusi attitűdöt igényel. A tanárnak a tanulási környezet minden elemét úgy kell megválasztania, hogy azok együttese segítse a tanulók továbblépését. Ebben a munkában nagy szerepet kapnak az együttműködésen alapuló módszerek. Nemcsak azért, mert a gazdaság számára fontos a csoportban dolgozó munkaerő (ami már önmagában is elegendő érv), hanem azért is, mert a konstruktivista szemléletű tanítás belső logikája ezt megkívánja. A tanulásra rendelkezésre álló időt csak akkor lehet „gazdaságosan” beosztani, ha egyidejűleg van lehetőség a gyerekek értelmezési problémáinak felderítésére, és a korrekcióra is. Ehhez az együttműködésen alapuló módszerek azért kínálnak jó lehetőséget, mert így egyidejűleg több gyermekei aktivitásra van mód. A munka során zajló csoportviták, megbeszélések, feladatmegoldások e közben, a tanár számára kínálnak kiváló betekintési lehetőségeket a gyermeki gondolkodás alakulásába. Így elérhető az, hogy a tanár ott lépjen közbe, ahol, és amikor az indokolt. Az így szervezett tanulási folyamatban a gyerekek megszokják, hogy a tanári segítség mindig akkor érkezik, amikor erre szükségük van. Ez a tapasztalat újra fontos tartalommal tölti meg a tanári szerepet, és új alapokra helyezi a tanár-diák kapcsolatot. A konstruktivista tanulási folyamatban a tanár szerepe más, mint korábban, de ez a szerep a napi gyakorlatban nagyon hatékonynak, és tartalmasnak bizonyult.

A gyermektudományokkal kapcsolatos eredmények

Munkám során különös figyelemmel fordultam a gyermektudományok felé. A kutatás során azonosítottam a szakirodalomban bemutatott számos gyermeki értelmezést. Feltártam ezeknek az értelmezéseknek egyéni sajátosságait, és több alkalommal is sikerült felfejteni, hogy egy-egy gyermeki magyarázat kialakulását milyen előzetes tapasztalatok, élmények befolyásolják. Ezek a tapasztalatok is azt támasztják alá, hogy a tanár számára fontos a gyerekek világának ismerete, hiszen az élmények, megfigyelések alapján formálódnak a gyermeki világmagyarázat elemei. A gyermekvilág ismerete azért is nagy jelentőséggel bír, mert innen származhatnak azok az érvek, hasonlatok, nyelvi minták, amelyekre a tanítás során fontos magyarázatokat építeni lehet.

A következőkben röviden áttekintem az egyes területekhez kapcsolódó elemzésekből levonható általánosítható eredményeket.

Mozgások

A mozgásokkal kapcsolatos gyermeki gondolkodásra az arisztotelészi világkép jellemző. Ez a mozgáselmélet az iskolai tanulás idejére már explicit módon is megjelenik a gyerekekben. A mozgásokkal kapcsolatos tudásterület számtalan olyan a tudományos modelltől eltérő értelmezést hordoz, amelyek nagy része a felnőttkori tudás is jellemzi. Ehhez társul, hogy a mozgások okának kialakítani kívánt newtoni modellje szinte a fizika össze területének megértéséhez szükséges. Ez egyben azt is jelenti, hogy az ebben a témában értelmezési problémákkal küzdő tanulóknak a fizikatanulás többi témakörében is nehézségekkel kell számolniuk.

A tanításban e témakör központi, és egyben a gyerekek számára a legtöbb problémát jelentő fogalom az erő. Az erő fogalom a gyermeki elmében szorosan összefonódva alakul a lendület, és a mozgási energia fogalmával. Az erő fogalmának megértési nehézségeit az okozza, hogy ez a dinamikus fogalom-konglomerátum a tanítás során nem

differentiálódik. A fogalom-együttes elemei közötti differenciálódást nem segíti a tananyag kiválasztása azzal, hogy a gyerekek előzetes tudásához közelebb álló fogalmat a lendületet, egyáltalán nem tárgyalja a fizikatanítás kezdeti szakaszában. Ezzel hozzájárul ahhoz, hogy a tanított erő-fogalom válik a dinamikus fogalom együttes szintje egyetlen képviselőjévé, és a gyerekek erre a fogalomra ruházzák rá a mozgás irányát kijelölő mennyiség tulajdonságait is. További vizsgálatok szükségeseek annak a hipotézisnek az alátámasztására, hogy az arisztotelészi mozgáskép lebontáshoz nem az erőre, hanem a lendületre alapozott dinamikai tárgyalást kell tervezni.

Elektromosság

A fizikatanítás hagyományos felépítése, amely a mai tanterveket alakítja, olyan korban született meg, amikor az elektromos eszközök és jelenségek még sokkal kevésbé formáltak át az emberek hétköznapijait. A mai gyerekek mindennapi világában fontos szerepet kapnak azok az eszközök, amelyek segítségével minden látható kapcsolat nélkül (vezetékek nélkül) lehet információkat, adatokat, zenéket és képeket közvetíteni. A mobiltelefon és a mobilinternet korában, amikor a legtöbb elektromos eszközünk távirányítóval vezérelhető, a gyerekekben érthető módon, gyorsan megindul a jelenség magyarázatával foglalkozó konstrukciók kiépülése. A mai gyerekek mindennapjaihoz az elektromosság világa éppoly természetesen hozzátartozik, mint ahogyan a mozgásokat észleljük.

Egyre inkább úgy tűnik, hogy az elektromos jelenségek leírására használt fogalmak értelmezése a mai kisgyermekben éppolyan differenciálatlan fogalom-együttes alakulását jelenti, mint a fogalmi fejlődés más területein. E feltételezett fogalom-együttes elemei mögött olyan mennyiségek állnak, amelyek változása szemmel nem látható. Talán ezért alakul ki a gyerekekben olyan fogalmi rendszer, amelynek elemeihez csak nagy nehézségek árán képesek a tudományos modellnek megfelelő tulajdonságokat rendelni. A gyerekek a jelenségek magyarázataiban az „elektromosság” kifejezést használják, mint a témakörben felmerülő mennyiségek „ernyőfogalmát”. Az értelmezésekben ez a szó hol elektromos mezőt, hol feszültséget, hol áramerősséget, hol energiát jelent.

Az elektromos mezővel kapcsolatosan formálódó gyermektudományi értelmezések irodalma nem olyan gazdag, mint a mozgáselméletekkel foglalkozó. A kutatások főleg az elektromos áram, az áramkörök, az áramerősség és a feszültség, valamint a terület energiához kapcsolódásának témakörét elemzik. Az ezekből kibontakozó gyermeki értelmezési problémák többségét saját kutatásaimban is azonosítottam. A tanított mennyiségek közül az elektromos áram látszik a gyerekek számára a legkönnyebben értelmezhetőnek. Ennek hátterében valószínűleg az áll, hogy az áram leírására alkotott mechanikai modellt könnyen el tudják képzelni. Az elektromos áram könnyű értelmezhetőségének azonban „ára” van. Amikor elektromos mennyiségekről van szó, ez válik egyeduralmódóvá a gyermeki gondolkodásban. A tanulás során olyan szerepet tölt be, mint az erő a mozgások témakörében, a gyerekek a legtöbb jelentéstartalmat ennek a mennyiségnek tulajdonítják. Feltehetőleg ez az egyik oka annak, hogy az elektromos áram és a feszültség fogalma a tanítás során makacsul egybefonódik, valamint annak is, hogy az elektromos áramot gyakran az elektromos energiával azonosítják a gyerekek.

Anyagszerkezet

Az anyagszerkezeti elképzelések alakulása a jelenlegi tantervi szabályozás szerint a legtöbb általános iskolában több tantárgy keretében zajlik. A fizika tantárgy e folyamat kezdetén, a folytonos anyagkép felbontásakor játszik fontos szerepet. Ez a fogalmi váltás,

noha számos nehézségen keresztül halad, de alapvetően sikeresnek mondható. Igaz, a tanulási folyamatban sok olyan „köztes” mentális modell feltárására kerül sor, amely még a tudományos elképzelésekkel össze nem egyeztetető elemeket is tartalmaz, de úgy tűnik, a gyermeki gondolkodásban nincs olyan mozzanat, amely az anyag részecskéképének kialakulását nagyon megnehezítené.

Munkám során azonosítottam a nemzetközi szakirodalomban a témával kapcsolatosan feltárt elképzeléseket. Saját vizsgálataimban olyan gyermeki elképzelésnek is a nyomaira bukkantam, amelynek leírásával a szakirodalomban még nem találkoztam. Az anyagszerkezeti modell fejlődése során a gyerekek számára a legnehezebben elfogadható állítások közé tartozik, hogy a részecskék közötti térben nincs semmi. Ezért, a tudományfejlődés lépéseihez hasonlóan, megkonstruálnak egy a részecskék közötti teret kitöltő anyagot. Ez az anyag a tanulás kezdeti szakaszában nagyon nagy jelentőséggel bír, hiszen megszületését nemcsak az indokolja, hogy a gyerekek nem tudják elképzelni a „semmit”, hanem az is, hogy máshogyan nem tudják értelmezni azt a mindennapi tapasztalatot, hogy a levegőrészecskék egyenletesen töltik ki a rendelkezésükre álló teret. A legtöbben valami vízszerű (de annál sokkal „ritkább”) dolognak képzelik el a részecskék közötti teret kitöltő anyagot. Amikor a hőtágulással kapcsolatos jelenségeket elemeztük, akkor derült fény arra a gyermeki elképzelésre, amely szerint nem a szakirodalomból ismert megdagadó részecske kép magyarázza a testek térfogatának megnövekedését, hanem ennek a részecskék közötti teret kitöltő anyagnak a megduzzadása.

A részecskék állandó mozgásának elfogadása a másik legnehezebb eleme az anyagszerkezeti modellnek. Ez is hozzájárulhat a részecskék közötti teret kitöltő anyag megkonstruálódáshoz. Ebben ugyanis már lebeghetnek a részecskék, ráadásul az itt is megjelenő arisztotelészi elmélet szerint nyugalomban is vannak. Ebben a konstrukcióban is az arisztotelészi mozgásemélet hatásának megjelenését vélem, amelyben a testek természetes állapota a nyugalom. Ezért a levegő részecskék mozgásához is sokáig valamilyen külső hatást tételeznek fel a gyerekek.

Lehetőség a természettudományos oktatás problémáinak megoldására

A gyermeki gondolkodás elemzésekor szinte minden tudásterület esetében szembetalálkoztam azzal, hogy a fizika egyik területén kialakult gyermeki elképzelések hatnak a másik területen kialakítani kívánt elméletre. Ez a jelenség azt mutatja, hogy mennyire fontos lenne a fizika tanítás során megértésre törekedni. Egy-egy nem a tudományos elképzeléseknek megfelelően működő elmélet szinte lehetetlenné teszi a fizika más területeinek értő tanulását. A gondok már a tanulás kezdetén megjelennek, azzal, hogy a szakrendszerű fizikatanítás nem veszi figyelembe alapfogalmakhoz tartozó gyermeki konstrukciók állapotát. Nehezen képzelhető el, hogy a természettudományok területén sikeres legyen az a diák, akinek a térfogattal, a sűrűséggel és a hőmérséklettel kapcsolatos mentális modelljei nem felelnek meg a tudományos elképzeléseknek.

A gyerekek természettudományos tantárgyakkal, s elsősorban a fizikával kapcsolatos attitűdje komoly gondokra hívják fel a figyelmet. Nehezen képzelhető el, hogy például a fizika helyzete, tanulói megítélése javuljon, amikor a gyerekek egy része már az alapoknál nem tudja értelmezni az iskola által közvetített tartalmakat. A helyzeten valószínűleg javítana, ha a legfontosabb alapfogalmak, fontos mennyiségek értelmezésére a jelenleginél sokkal nagyobb figyelmet fordítanánk a tanítási gyakorlatban. Ehhez azonban át kellene gondolni a jelenleg érvényben lévő tantervi szabályozási rendszert.

A konstruktivista didaktikai rendszer

A kutatások eredményeként létrejött egy konstruktivista didaktikai rendszer. Természetesen a gyakorlatban még sok elemét csiszolni, pontosítani kell, de jelenlegi állapotában talán már alkalmas arra, hogy azoknak a fizikatanároknak, akik a konstruktivista elképzelések szerint szeretnék szervezni diákjaik tanulási folyamatait, segítséget adjon munkájukhoz.

A konstruktivista didaktikai rendszer sok eleme már korábban is létezett a pedagógiában. Ilyenek elsősorban a módszerek. Ezért munkám során kevesebb energiát fordítottam az új módszerek kidolgozására, hiszen ma már számos kiváló szakirodalom áll rendelkezésre, amelyekből az együttműködésen alapuló munkaformák szervezése fortélyainak fontosabb lépéseit bárki megismerheti.

Amiben a didaktikai rendszerem a korábbiaktól lényegesen eltér, az az, hogy az általam elképzelhető, lehető legrészletesebb útmutatással szolgál azzal kapcsolatban, hogyan valósítható meg a gyakorlatban a konstruktivista eszmerendszer egyik legfontosabb elve, a gyerekek előzetes tudásából való kiindulás. Legalább ekkora gondot fordítottam arra, hogy bemutassam egy lehetséges módját annak, hogyan lehetséges a tanulási folyamatot úgy megszervezni, hogy közben mindvégig reflektálhassunk a gyerekek újból és újból felmerülő problémáira.

A konstruktivista didaktikai rendszer sajátosságai közé tartozik, hogy a tervezés is része lesz a tanítás folyamatnak. Ha következetesen gondoljuk végig a konstruktivista elveket, nem is lehet ez másképp, hiszen ha nem ismerem a gyerekek előzetes tudását, akkor nem tudok jó tervet készíteni a tanításhoz. A didaktikai rendszer kialakításakor, és a gyakorlati munka során is talán ezzel a kérdéssel kapcsolatos a legtöbb probléma. A jelenlegi tantervi szabályozási környezetben ugyanis, bármekkora is a tanári szabadság, vannak a tanítandó tartalmakkal kapcsolatos megkötések. Egy iskola sem változtathatja évről-évre semelyik tantárgyi programját annak függvényében, hogy mit tudnak, és mit nem tudnak egy-egy tantárgy tanulását megkezdő diákok. Ezért a tervezés területén olyan kompromisszumos megoldást kellett találnom, amely mind a tantervi szabályozásnak, mind pedig a konstruktivista elképzeléseknek megfelel. Ezért van az, hogy nem állíthatom, minden diákomnál sikerül kialakítanom a fizika különböző területein tanítandó tudományos elméletet. Csak azt állíthatom, hogy sikerült mindenkit valamivel közelebb vinni az anyagi világ fizikai leírásához használt tudományos elképzelésekhez.

A didaktikai rendszer működésének egyik fontos következménye, hogy a gyerekek többsége nem fordult el a fizika tanulástól, az általános iskola befejezésekor többen tervezik a természettudományok irányába való továbbtanulást, mint korábbi gyakorlatomban.

Köszönetnyilvánítás

Abban, hogy vállalt feladatomat elvégezhettem, oroszlánrésze volt tanítványaimnak és szüleiknek, akiknek köszönöm, hogy mindvégig bizalommal voltak elképzeléseim iránt, és megértéssel fogadták a néha számukra idegennek tűnő kéréseimet. Kreatív együttműködésük nélkül sok élménnyel és tapasztalattal lennék szegényebb.

Köszönet illeti kollégáimat, és munkahelyemet, ahol a kutatásokat végeztem, mert mindvégig megértéssel fogadták munka közben formálódó elképzeléseimet.

Köszönet illeti azokat a főiskolai hallgatókat, akiket magával ragadott a gyerekek gondolkodásának megismerése utáni kíváncsiság, és segítettek nekem az interjúk elkészítésében.

Különösen sokat segített munkámban Nahalka István, aki témavezetőként és barátként is mindvégig támogatott, állandó tanácsaival segítette a didaktikai rendszer formálódását, és átsegített azokon a helyzeteken, amikor elcsüggedtem.

Végül, de nem utolsósorban családomat is köszönet illeti, mert mindent megtettek annak érdekében, hogy kitűzött célokat elérjem.

IRODALOM

- Appleton, K. (2006): Children's ideas about temperature *Research in Science Education* 15(1). 122-126.
- Balácsi Ildikó, Ostorics László és Szalay Balázs (2007): *PISA 2006 összefoglaló jelentés*. Oktatási Hivatal, Budapest, 2007.
- Boulton-Lewis, G. (1994): Tertiary Students' Knowledge of their own Learning and a SOLO Taxonomy. *Higher Education*, 28(3), 383-402
- Boyle, R.A., Magnusson, S.J. és Young A.J. (1993): *Epistemic Motivation and Conceptual Change*. Internet dokumentum, 2008. szeptember 28.
http://eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/13/1b/bd.pdf
- Bransford, J., Brown, A.L. és Cocking, R.R. (2003): The design of learning environments in: Bransford, J., Brown, A.L. és Cocking, R.R. (Szerk.): *How People Learn: Brain, Mind, Experience and School*. National Academies Press, Washington DC. 2003. 134-154
- Brayman, A. (1984): The Debate about Quantitative and Qualitative Research: A Question of method or Epistemologie? *The British Journal of Sociology* 35(1) 75-92
- Bushell, K. (2000): Children's Ideas About Physics: What Students Bring To The Classroom 1(5). Internet dokumentum, 2008. október 15.: Egallery 1.5
<http://www.ucalgary.ca/~egallery/>
- Butler, D.L. (2006): Frames of Inquiry and Educational Psychology: Beyond the Quantitative-Qualitative Divide. In: Alexander, P.A. és Winne, P. H. (Szerk.): *Handbook of Educational Psychology* Routledge, London. 903-928. o..
- Burke, R. és Onwuegbuzie, A.J. (2004): Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *Educational Researcher*, 33(7), 14-26
- Carey, S. (2000): Science Education as a Conceptual Change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13-19.
- Carlton, K. (2000): Teaching about heat and temperature. *Physics Education*. 35(2). 101-105.
- Chi, M.T.H., és Roscoe, R.D. (2002). The process and challenges of conceptual change. In: Limon, M. és Mason, L. (Szerk.): *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Kluwer, Dordrecht. 3-27.
- Chi, T.H.M., Slotta, J.D. és De Leeuw, N. (1994): From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction* 4(1). 27-43.
- Csapó Benő (1998): *Az iskolai tudás*. Osiris, Budapest 1998.
- Csapó Benő (2000): A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök és összefüggéseik *Magyar Pedagógia*, 100(3), 343-366.
- Csapó Benő (2001): A kombinatív képesség fejlődésének elemzése országos reprezentatív felmérés alapján. *Magyar Pedagógia*, 101 évf. 4. 511-530
- Csapó Benő: Oktatás az információs társadalom számára *Magyar Tudomány* XLVIII 2003/12 1478-1485
- Csányi Vilmos (1999): *Az emberi természet*. Vince Kiadó, Budapest.
- Denzin, N.K. (1970): *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. McGraw-Hill, New York.

- DiSessa, A.A. (1982): Unlearning Aristotelian physics: a study of knowledge- based learning. *Cognitive Science*, 6(1). 37-75
- DiSessa, A.A. (1983): Phenomenology and Evolution of Intuition in: Gentner, D. és Stevens, A.L. (Szerk.): *Mental models*. Lawrence Erlbaum Associates, 26-29
- DiSessa, A.A. (2002): Why conceptual ecology is a good idea. In: Limon, M. és Mason, L. (Szerk): *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Kluwer, Dordrecht. 29-60.
- Dobóné Tarai Éva (2004): Tanulói elképzelések az anyag részecsketermészetével kapcsolatban. *Középiskola Kémiai Lapok*, XXXI(4).
- Dole, J. és Sinatra, G.M. (1998): Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33(2-3), 109–128.
- Driver, R. (1985): Beyond Appearances: The Conservation of Matter under Physical and Chemical Transformation in: Driver, R, Guesne, E. és Tiberghien, A. (Szerk.): *Children's Ideas In Science*. Open University Press, Milton Keynes, Philadelphia, 145-169.
- Driver, R (1985): *The Pupil as Scientist*. Open University Press, Philadelphia,.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. és Wood-Robinson, V. (1995): *Making sense of secondary Science*. Routledge, New York.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. és Scott, P. (1994): Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Dunbar, K. (1997): How Scientist Think: On-line Creativity and Conceptual Change in Science. In: Ward, T.B., Smith, S.M. és Vaid, J. (Szerk.): *Conceptual structures and processes: Emergence, discovery , and change*. American Psychological Association Press, Washington D.C. 461-493.
- Dunne, J. (2004): What's the good of education? In: Gilbert, J. (Szerk.): *The RoutledgeFalmer Reader in Science Education*. RoutledgeFalmer, London. 145-160. o.
- Duit, R. és Treagust, D.F. (2003): Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *Science Education*, 25(6), 671-688. o.
- Duit, R. (1981): *Students' Notion about Energy Concept - Before and After Physics Instructions*. Internet dokumentum, 2008. október 28-án
http://eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/31/d7/ea.pdf
- Duit, R. (1984): Learning the energy concept in school – Empirical results from the Philippines and West-Germany. *Physics Education*, 19(2), 59-66
- Eckstein, G.S. és Shemesh, M. (1989): Development of children's ideas on motion: intuition vs. logical thinking. *International Journal of Science Education*, 11(3), 327 – 336.
- Eisner, E.W. (1992): Are All Causal Claims Positivistic? A Reply to Francis Schrag. *Educational Researcher*, 1(5), 8-9.
- Erickson, G és Tiberghien, A. (1985): Heat and Temperature. In: Driver, R, Guesne, E. és Tiberghien, A. (Szerk.): *Children's Ideas In Science*. Open University Press, Milton Keynes. 52-84.
- European Council, (2000): Presidency Conclusion. Lisbon, 23 and 24 March 2000. Internet dokumentum, 2008. október 23-án:
http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_en.htm
- Falus Iván (1998): Az oktatás stratégiái és módszerei. In: Falus Iván (Szerk): *Didaktika*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Fischer, F. (1998): Beyond empiricism: Policy inquiry in postpositivist perspective. *Policy Studies Journal*, 26(1), 129-146.
- Furió, C., Guisasola, J., Almudi, J. M. és Ceberio, M. (2003): Learning the electric field concept as oriented research activity. *Science Education*, 87(5), 640-662.

- Feketéné Szakos Éva (1998): Új irány a didaktikában: ismeretelmélet-alapú szubjektívizálás. *Új pedagógiai Szemle*, XLVIII(4), 19-27. o.
- Fényes Imre (1980): *A fizika eredete*. Kossuth Kiadó, Budapest.
- Fishbein, E., Stav, R. és MA-Naim, H. (1989): The psychological structure of naïv impetus conception. *International Journal of Science Education*, 11(1). 71-81.
- Fosnot, C.T. (1996). Constructivist: A psychological theory of learning. In: Fosnot, C.T. (Szerk.): *Constructivism: Theory, perspectives, and practice*. Teachers College Press, New York. 8-33.
- Fraiser, B.J. (2007): Classroom learning environment. In: Abel, S.K. és Lederman N.G. (Szerk.): *Handbook of Research on Science Education*. Routledge, London. 103 – 125.
- Fraiser, B.J. (1982): *Classroom environment*. Routledge, London.
- Gergen, Kenneth (2003): Soziale Konstruktion und pädagogische Praxis. In: Balgo, R. és Werning, R. (Szerk.): *Lernen und Lernprobleme im systemischen Diskurs*. Borgman Verlag. 55-89. o. [Eredeti mű: Social construction and pedagogical practice. 2001.]
- Glaserfeld, E. von (1995): Aspekte einer konstruktivistischen Didaktik. In: Landesinstitut für Schule und Weiterbildung (Szerk.): *Lehren und Lernen als konstruktive Tätigkeit*. Landesinstitut für Schule und Weiterbildung, Bönen. 7-14.
- Glaserfeld, E. von (2003): Gesellschaft als subjective Erfahrung. In: *Festschrift für Siegfried J. Schmidt* 14 Feb 2001. Internet dokumentum: 2008.09.24-én <http://www.schmidt.uni-halle.de/konzepte/texte/glasers.htm>
- Gopnik, A. és Nazzi, T. (2003): Words, kinds and causal powers: A theory theory perspective on early naming and categorization. In: Rakison, D. és Oakes, L. (Szerk.): *Early category and concept development: Making sense of the blooming, buzzing confusion*. Oxford University Press, Oxford. 303-329.
- Guesne, E. (1985): Light. In: Driver, R., Guesne, E. és Tiberghien, A. (Szerk.): *Children's Ideas In Science*. Open University Press, Milton Keynes. 10-32.
- Gunstone, R. és Watts, M. (1985): Force and motion. In: Driver, R., Guesne, E. és Tiberghien, A. (Szerk.): *Children's Ideas In Science*. Open University Press, Milton Keynes. 85-104.
- Havas Péter (2001): A fenntarthatóság pedagógiai elemei. *Új Pedagógiai Szemle*, LI(9), 3-15. o. A fenntarthatóság pedagógiája II. *LI*(10), 39-50.
- Havas Péter (2003): Az iskolai tanulás motivációjáról Iskolakultúra, *XIII*(3), 39-45.
- Hortobágyi Katalin (2002): *Projekt kézikönyv*. ALTERN füzetek 10. Iskolafélesztési Alapítvány, Budapest.
- Horváth Zsuzsanna (2004): Az oktatás értékelésének újabb eszközei. *Új Pedagógiai Szemle*, LIV(12), 26-35.
- Hynd, C.R. és Stahl, S.T. (1998): What Do We Mean by Knowledge and Learning? In: Hynd, C.R. (Szerk.): *Learning from Text Across Conceptual Domain*. Laurence Erlbaum Associates, Hillsdale. 16-17.
- Hynd, C.R. és Guzetti, B (1998) : When Knowledge Contradicts Intuition: Conceptual Change. In: Hynd, C.R. (Szerk.): *Learning from Text Across Conceptual Domain*. Laurence Erlbaum Associates, Hillsdale. 139 -156.
- Hynd, C.R. (2003): Conceptual Change in Response to Persuasive Messages. In: Sinatra, G.M. és Pintrich, P.R. (2003): *Intentional Conceptual Change*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale. 291-316.
- Huberman, A.M., Matthew B. és Miles, M.B. (2002): *The Qualitative Researcher's Companion: Classic and Contemporary Readings*. Beverly Hills, SAGE.
- Ivarsson, J., Schoultz, J., és Saljö, R. (2002): Map reading versus mind reading: Revisiting children's understanding of the shape of the earth. In: Limon, M. és Mason, L.

- (Szerk.): *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Kluwer, Dordrecht. 77-99.
- Jakab György és Varga Attila (2007): *A fenntarthatóság pedagógiája*. L'Harmattan Kiadó, Budapest.
- Józsa Krisztián (2000): Az iskola és a család hatása a tanulási motivációra. *Iskolakultúra*, X(8), 69-82.
- Karlagen, K. és Ramberg, R. (1995): *Language Use and Conceptual Change in Learning*. In: Brna, P., Paiva, A., és Self, J. (Szerk.): *Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence in Education (EuroAIED)*, Lisszabon. Internet dokumentum 2008. szeptember 24-én: <http://www.nada.kth.se/kurser/kth/2D1624/PDF/Litteratur/ROBBANEuroAIED.final.pdf>
- Kellmann, P.J., Spelke, S.E. és Short, K.R. (1986): Infant Perception of Object Unity from Translatory Motion in Depth and Vertical Translation. *Child development*, 57(1), 72-86.
- Kibble, B.: (1999) How Do You Picture Electricity? *Physics Education*, 34(4), 226-229.
- Kovátsné Németh Mária (2006): Fenntartható oktatás és projektpedagógia, *Új Pedagógiai Szemle*, LVI(10), 68-74.
- Kocsi Mihály (2002): A tanárképzés rekrutációs háttere 1986-2000. *Iskolakultúra*, XII(11). 3-23.
- Korom Erzsébet (1997): Naiv elméletek és tévképzetek a természettudományos fogalmak tanulásakor *Magyar Pedagógia*, XL(1) 22-23.
- Korom Erzsébet (2005): *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Kuhn, Thomas (2002): *A tudományos forradalmak szerkezete*. Osiris, Budapest.
- Küçüközer, H és Kcakülah, S. (2007): Secondary School Students' Misconceptions about Simple Electric Circuits. *Turkish Science Education*, 4(1), 101-112.
- Lakatos Imre (1997): Kritika és a tudományos kutatási programok metodológiája. In: *Lakatos Imre tudományfilozófiai írásai*. Atlantisz, Budapest. 19-65.
- Lincoln, Y.S. és Guba, E. G. (1985): *Naturalistic Inquiry*. SAGE, Beverly Hills.
- Morse, J. (1991): Approaches to qualitativ-quantitative methodological triangulation. *Nursing Research*, 40(2), 120-123.
- McCloskey, M. (1983): Intuitive Physics. *Scientific American*, 248(4), 122-130.
- McCloskey, M. (1982): Naiv theories of motion. In: Gentner, D. és Stevens, A.L. (Szerk.): *Mental models*. Laurence Erlbaum Associates, New Jersey. 299-324.
- Mortimer, E. F. (1995): Conceptual change or conceptual profile change? *Science and Education*, 4(3), 267-285.
- Makkai László (1967): Gép, mechanika, és mechanisztikus természetfilozófia. *Technikatörténeti Szemle*, IV., 19-20.
- Meltzoff, A.N. (1999): Origins of theory of mind, cognition and communication. *Journal of Communication Disorders*, 32(4). 251-269.
- Nagy József (2005): A hagyományos pedagógiai kultúra csödjé. *Iskolakultúra*, XV(6-7). (melléklet)
- Nahalka István (1993): Irányzatok a természettudományos nevelés második világháború utáni fejlődésében. *Új pedagógiai szemle*. XLIII(1), 3-24.
- Nahalka István (1997): Konstruktív pedagógia - egy új paradigma a láthatáron (I). *Iskolakultúra*, VII(2). 21-33.
- Nahalka István (2002a): A gyermektudomány elemei a fizikában. In: Nahalka István és Radnóti Katalin (Szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 182-184.
- Nahalka István (2002b): *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

- Nahalka István és Wagner Éva (1990): *Ember és Természet*. In: Molnár Béla és Salamon Zoltán (Szerk.): *Verzió az általános iskola megújítására*. Bokányi Dezső Kísérleti Általános Iskola. Budapest. 119-143.
- Nussbaum, J. (1985): The particulate Nature of Matter in the Gaseous Phase. In: Driver, R., Guesne, E. és Tiberghien, A. (Szerk.): *Children's Ideas In Science*. Open University Press, Milton Keynes. 124-143.
- Nussbaum, J. (1989): Classroom Conceptual Change: Philosophical perspective. *International Journal of Science Education*, 11(5), 530-540.
- Nussbaum, J. és Novick, S. (1982) : Alternativ Frameworks, Conceptual Conflict and Accomodation: Toward a Principled Teaching Strategy. *Instructional Science*, 11(3), 183-200.
- Olsen, D.G. (1999): Constructive principles of learning and Teaching methods. *Education*, 120(2). 347-359.
- O'Keefe, D.J. (2002): *Persusion: Theory and Research*. SAGE, Beverly Hills.
- OKM (2002): *A matematikai, műszaki és természettudományos hallgatók arányának a növelése a felsőoktatásban*. Oktatási és Kulturális Minisztérium, Budapest. Internet dokumentum, 2008. szeptember 24-én: http://www.okm.gov.hu/doc/upload/200610/mtm_061010.pdf.
- Onwuegbuzie, A. J. (2002): Positivists, post-positivists, post-structuralists, and post-modernists: Why can't we all get along? Towards a framework for unifying research paradigms. *Education*, 122, 518-530. Internet dokumentum 2008. október 26-án: http://eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/16/f7/cd.pdf
- Osborne, R. (1980): *Force. Learning in Science Project*. Working paper No16. University of Waikato, Science Education Research Unit, Hamilton, New Zeland.
- Osborne, R. (1983): Towards Modifying Children's Ideas about Electric Current. *Research in Science & technological Education*, 1(1), 73-82.
- Piaget, J. (1927): *The Child's Conception of the World*. Routledge, London.
- Piaget, J. (1997): *Az értelem pszichológiája*. Kairosz, Budapest.
- Pine, K., Messer, D. és St. John, K. (2001): Children's Misconceptions in Primary Science: A Survey of Teachers' Views. *Research in Science & Technological Education*, 19(1), 79-96.
- Pinker, S. (1999): *A nyelvi ösztön*. Typotex Kiadó, Budapest.
- Pléh Csaba (1998): *Bevezetés a megismeréstudományba*. Typotex Elektronikus Kiadó, Budapest.
- Polónyi István (2002): *Az oktatás gazdaságtana*. Osiris Kiadó, Budapest. (Kempelen Farkas Felsőoktatási Digitális Tankönyvtár, Internet dokumentum, 2008. szeptember 24-én: <http://www.hik.hu/tankonyvtar/site/books/b105/ch03s04s02.html>)
- Popper, K.R. (1997): *A tudományos kutatás logikája*. Európa Könyvkiadó, Budapest. Eredetileg: Popper K. R. (1935): *Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft*. Julius Springer, Wien.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. és Gertzog, W.A. (1982) : Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2). 211-227.
- Psillos, D., Koumaras, P. és Tiberghien, A. (1988): Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on DC circuits. *International Journal of Science Education*, 10(1), 29-43.
- Radnóti Katalin (2002): A fizika tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai. *Új Pedagógiai Szemle*. LII(5), 38-50.

- Radnóti Katalin, Wagner Éva, Bakacs Judit és Kovács Miklós (2003): *A fizikatanítás pedagógiája a gyakorlatban I-III.* CD, KOMA, Budapest.
- Radnóti Katalin és Nahalka István (Szerk.) (2002): *A Fizikatanítás pedagógiája.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Radnóti Katalin (2006): *A 2006. szeptember elején írt kritériumdolgozatok eredményei.* Internet dokumentum 2008. október 16-án:
<http://members.iif.hu/rad8012/kriterium/FizikaKriteriumtargy2006.doc>
- Radnóti Katalin (2008): *A 2008. szeptemberében a fizika BSc szakokra és a műszaki felsőoktatásba lépő hallgatók által írt fizika dolgozatok eredményeiről.* Internet dokumentum 2008. október 16-án:
<http://members.iif.hu/rad8012/kriterium/krit-osszesit2008.doc>
- Rowlands, S., Graham, T., Berry, J. és McWilliam, P. (2007): Conceptual Change Through the Lens of Newtonian Mechanics. *Science & Education*, 16(1), 21–42.
- Schrag, F. (1992): In defense of positivist research paradigms. *Educational Researcher*, 21(5), 5-7.
- Séré, M.G. (1985): *The Gaseous state.* In: Driver, R., Guesne, E. és Tiberghien, A. (Szerk.): *Children's Ideas In Science.* Open University Press, Milton Keynes. 105-123.
- Séré, M.G. (1986): Children's conception of the gaseous state, prior to teaching. *International Journal of Science Education*, 8(4), 413-425.
- Smith, C., Carey, S. és Wiser, M. (1984): A case study of development of size, weight, and density. *Cognition*, 21(3), 177-237.
- Smith, C., Snir, J és Grosslight, L. (1992): Using conceptual models to Facilitate Conceptual Change: The Case of Weight-Density Differentiation. *Cognition and Instruction*, 9(3), 221-283.
- Solomon, J. (1992): Children Ideas on energy. In: Solomon, J. (1992): *Getting to Know about Energy in Schools and Society.* Routledge, London. 40-58.
- Shayer, M. és Wylam, H. (2006): The development of the concepts of heat and temperature in 10-13 year-olds. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(5), 419– 434.
- Shipstone, D. (1985): *Electricity in simple circuit.* In: Driver, R., Guesne, E. és Tiberghien, A. (Szerk.): *Children's Ideas In Science.* Open University Press, Milton Keynes. 33-51.
- Spelke, E.S. (1990): Principles of object perception. *Cognitive Science*, 14(1), 29-56.
- Szabolcs Éva (2001): *Kvalitatív kutatási metodológia a pedagógiában.* Műszaki Kiadó, Budapest.
- Simonyi Károly (1978): *A fizika kultúrtörténete* Gondolat kiadó, Budapest.
- Solomonidou, C. és Kakana, D.M. (2000): Preschool children's conceptions about the electric current and the functioning of electric appliances. *European Early Childhood Education Research Journal*, 8(1), 95-111.
- Stavy, R. (1988): Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
- Strike, K.A. és Posner, G.J. (1992): *A Revisionist Theory of Conceptual Change.* In: Duschl, R.A. és Hamilton, R.J. (Szerk.): *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice.* State University of New York Press, New York. 147- 149.
- Suping, S.M. (2003): *Conceptual Change among Students in Science.* ERIC Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education, Columbus. Internet dokumentum, 2008 október 25-én:
http://eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/1b/94/10.pdf

- Tashakkori, A. és Teddie, C. (1998): Mixed Methodology – Combining Qualitative and Quantitative Approaches. *Applied Social Research Methods Series* 46. Sage, Beverly Hills,
- Tasker, R. és Dalton, R. (2008): Visualising the Molecular World, Design, Evaluation and use of Animation. In: Gilbert, J.K., Reiner, M. és Nakhleh, M. (Szerk.): *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. Springer, London 103-132.
- Terhart, E. (1999): Konstruktivismus und Unterricht. Gibt es einen neuen Ansatz in der Allgemeinen Didaktik? *Zeitschrift für Pädagogik*, 45(5). 629-647.
- Turcsányiné Szabó Márta (2005): Kollaboratóriumok – a Colabs-projekt eredményei. *Új Pedagógiai Szemle*, LV(7-8), 132-147.
- Tynjälä, Päivi (1997): Developing Education Students' Conception of the Learning process in Different Learning Environments. *Learning and Instruction*, 7(3). 277-292.
- Ueno, N. és Arimoto, N. (1993): Learning Physics by Expanding the Metacontext of Phenomena. *The Quarterly Newsletter of the Laboratory of Comparative Human Cognition*, 15(2), 53-63.
- Varga József, Józsa Krisztián és Pap-Szigeti Róbert (2007): Az arányosságszámítási készség kritériumorientált fejlesztése a 7. osztályban *Magyar Pedagógia*, 107(1), 5-27.
- Vári Péter, Auxné Bánfi Ilona, Felvégi Emese, Rózsa Csaba és Szalay Balázs (2002): Gyorsjelentés a PISA 2000 vizsgálatról. *Új Pedagógiai Szemle*, LII(1), 38-65.
- Vigotszkij, L.Sz. (1967): *Gondolkodás és beszéd*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Vigotszkij, L.Sz. (1971): *A magasabb pszichikus funkciók fejlődése*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Vosniadou, S. (1994): Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.
- Vosniadou, S. (2001): Tanulás, megismerés, fogalmi váltás problematikája. *Magyar Pedagógia*, 101(4), 435-448.
- Vosniadou, S. (2001): What can persuasion research tell us about conceptual change that we did not already know? *International Journal of Educational Research*, 35(7-8), 731-737.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. és Papadimitrou, E. (2001): Disinuing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 381-419.
- Wagner Éva (2000): Diagnosztikus felmérés természettudományokból a kecskeméti Vásárhelyi Pál Általános Iskolában, 2000. májusában. Kézirat, OKI, Budapest.
- Wagner Éva (2002): Diagnosztikus felmérés természettudományokból a kecskeméti Lánchíd utcai Általános Iskolában. Kézirat, OKI, Budapest.
- Wiser, M. (1995): Use of History of Science to Understand and Remedy Students' Misconceptions about Heat and Temperature. In: Perkins, D.N., Schwartz, J.L. és West, M.M. (Szerk.): *Software Goes to School: Teaching for Understanding with New Technologies*. Oxford University Press, Oxford. 23-38.
- Woods, B. S. és Murphy, P. K. (2002): Separated at birth: the shared lineage of research on conceptual change and persuasion. *International Journal of Educational Research*, 35(7), 633-647.
- Wyrwa, H. (1995): *Konstruktivismus und Schulpädagogik - Eine Allianz für die Zukunft?* In: Landestinstitut für Schule und Weiterbildung (Szerk.): *Lehren und Lernen als konstruktive Tätigkeit*. Landestinstitut für Schule und Weiterbildung, Soest. 34-36.

Yates, J., Bessman, M., Dunne, M., Jerston, D., Sly, K. és Wendelboe, B. (1988): Are conception of motion based on naive theory or on prototypes? *Cognition*, 29(3). 251-175

ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYÉKE

1. ábra: Az iskolai végzettség alakulása Magyarországon 1920 és 1996 között.....	8
2. táblázat: A newtoni és az arisztotelészi elmélet összehasonlítása.....	26
3. ábra: A konstruktivista didaktikai rendszer legfontosabb kategóriáinak hierarchiája.....	35
4. ábra: A konstruktivista didaktikai rendszerben szerzetet tanulási folyamat fontosabb szakaszai.....	36
5. táblázat: adatfelvételek a kutatáshoz.....	59
6. ábra: Feladatok a tömeg-térfogat sűrűség fogalmak alakulásának vizsgálatára.....	62
7. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a mérleges feladatra adott válasz esetén.....	63
8. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a mérleges feladat esetén, különböző osztályokban.....	64
9. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a „Melyik nehezebb, az 1kg tömegű kő, vagy toll?” kérdésnél.....	65
10. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a „Melyik a nehezebb az egyenlő tömegű kő vagy toll?” kérdésnél, életkorok szerint.....	66
11. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a közös hőmérséklet kialakulásával kapcsolatos kérdés esetében.....	67
12. ábra: A fénnel kapcsolatos tanulói elképzelések vizsgálatára használt feladat.....	69
13. táblázat: A látással kapcsolatos kérdésre adott válaszok megoszlása.....	70
14. ábra: A látás értelmezésének változása a tanítási folyamatban.....	70
15. táblázat: Csoportalakítási stratégiákat bemutató táblázat a tömeg-térfogat-sűrűség -anyag megmaradás témakörének tanításához.....	72
16. ábra: Tanulói válasz a „Miért áll meg a labda?” kérdésre.....	75
17. ábra: A gyerekek válaszainak megoszlása a „Miért áll meg az elgurított labda?” Kérdésre.....	76
17. ábra: Az egyes osztályokban született tanulói válaszok megoszlása a „Miért áll meg a elgurított labda?” kérdésre.....	77
18. táblázat: A tanulói válaszok nemek szerinti megoszlása a „Miért áll meg az elgurított labda?” kérdésre, két kiválasztott osztályban.....	78
19. ábra: A feldobott testre ható erőt vizsgáló feladat.....	86
20. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása a feldobott testre ható erőkel kapcsolatban.....	86
21. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása a „Hogyan jut el a jel a távirányítóról a TV-hez?” kérdés esetében.....	92
22. ábra: Feladat az áramkörrel kapcsolatos előzetes tudás vizsgálatához.....	95
23. táblázat: a gyerekek válaszainak megoszlása a zárt áramkör fogalmát vizsgáló feladatra adott válaszokban.....	95
24. táblázat: A zárt áramkörrel kapcsolatos válaszok megoszlása nemek szerint.....	96
25. ábra: Zárt áramkör fogalmának alakulását vizsgáló feladat.....	99
26. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása a zárt áramkör fogalmát vizsgáló feladatnál.....	99
27. ábra: A feszültség áramerősség fogalmának differenciálódását vizsgáló feladat.....	101
28. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása az áramerősség-feszültség fogalmi differenciálódását vizsgáló feladat esetén.....	102

29. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása a „Szerinted mi van a kidurrant focilabda belsejében?” kérdésre.....	108
30. táblázat: A gyerekek válaszainak megoszlása a levegő mérhető tulajdonságainak létezésével kapcsolatban.....	109
31. ábra: Vizsgálófeladat a gázok szerkezetével kapcsolatos tanulói gondolkodás elemzéséhez.....	112
32. ábra: A részecskemodell és az arisztotelészi elképzelések kapcsolatát vizsgáló feladat.....	123
33. táblázat: Tanulói válaszok megoszlása a léggömbbel kapcsolatos feladat esetében..	123
34. ábra: A levegő és az arisztotelészi elmélet közötti kapcsolatot vizsgáló feladat.....	124
35. táblázat: „Milyen erők hatnak egy elhajtott kőre a Holdon?” kérdésre adott tanulói válaszok megoszlása.....	125
36. táblázat: „Mi történik, a félig felfújtt léggömbbel, ha a tartályból kiszivattyúzzuk a levegőt?” kérdésre adott válaszok megoszlása.....	125

MELLÉKLETEK

Mellékletek jegyzéke

M1: táblázat: A „Miért áll meg a labda? kérdésre adott tanulói válaszok megoszlása osztályonként	142
M2. táblázat: A „Miért áll meg a labda? kérdésre adott tanulói válaszok megoszlása osztályonként és nemek szerint	143
M3. táblázat: A „Ma van a kidurranat focilabda belsejében?” kérdésre adott tanulói válaszok megoszlása osztályonként és nemek szerint	143
M4. grafikon: Az iskolai tanulásvizsgálat „szeretett tantárgyak” sorrendje a gázokról folytatott diagnosztikus beszélgetésben résztvevő osztálynál.	144
M5. ábra: Tanulói válaszok a hőmérséklet-fogalom alakulását vizsgáló feladathoz	144
M6 ábra: Tanulói válasz a mozgással kapcsolatos tanulói gondolkodás Vizsgálatához	144
M7 ábra: Tanulói válasz a mozgással kapcsolatos tanulói gondolkodás Vizsgálatához	145
M8 ábra: Tanulói válasz a mozgással kapcsolatos tanulói gondolkodás Vizsgálatához	145
M9 ábra: Tanulói válasz a jég-víz hőmérsékletével kapcsolatos elképzeléseket vizsgáló feladatról	145
M10 ábra: Tanulói válasz a jég-víz hőmérsékletével kapcsolatos elképzeléseket vizsgáló feladatról	145
M11 ábra: Tanulói válasz a jég-víz hőmérsékletével kapcsolatos elképzeléseket vizsgáló feladatról	145
M12. Példa a tanulói válaszban megjelenő kitáguló részecske elképzelésre	146
M13 ábra: Tanulói válaszok a zárt áramkör fogalmának vizsgálatával kapcsolatos feladatokra	146
M14. Tanítási órán szervezett diagnosztikus beszélgetésekről készült órafelvételek teljes szövege	147
M15. Interjúvázatok az egyéni interjúkhoz	157
M16. Interjúk teljes szövege	161

M1: táblázat: A „Miért áll meg a labda? kérdésre adott tanulói válaszok megoszlása osztályonként

	Miért áll meg a labda?									
	Értelmezhe- -tetlen válasz		Gravitáció, rossz kifejtéssel		Elfogy a mozgása (lendülete, ereje)		Lefékezi a környezet		Nincs mozgató- erő, megáll	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1997/1998 6.a	5	20,8	2	8,3	11	45,8	3	12,5	3	12,5
1997/1998 6.b	12	44,4			8	29,6	5	18,5	2	7,4
1998/1999 6.a	3	15,0	2	10,0	8	40,0	5	25,0	2	10,0
1998/1999 6.b	7	26,9	3	11,5	11	42,3	2	7,7	3	11,5
1999/2000 6.a	8	30,8	3	11,5	13	50,0	2	7,7		
1999/2000 6.b	5	22,7	2	9,1	8	36,4	6	27,3	1	4,5
2001/2002. 5.a	3	13,0	6	26,1	3	13,0	7	30,4	4	17,4
2001/2002. 5.b	2	8,7	4	17,4	13	56,5	3	13,0	1	4,3
2005/2006 7.a	3	13,6	4	18,2	4	18,2	1	4,5	10	45,5
2005/2006 7.b	6	28,6	4	19,0	5	23,8			6	28,6
2005/2006 7.fz	2	50,0			1	25,0			1	25,0

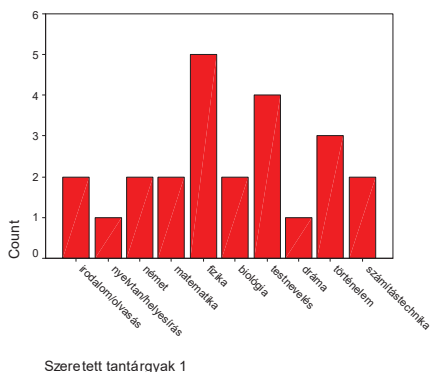
M2.táblázat: A „Miért áll meg a labda? kérdésre adott tanulói válaszok megoszlása osztályonként és nemek szerint

Fiúk	Miért áll meg a labda?				
	Értelmezhetetlen válasz	Gravitáció, rossz kifejtéssel	Elfogy a mozgása (ereje)	Lefékezi a környezet	Nincs mozgatóerő megáll
	%	%	%	%	%
1997/1998 6.a	16,7	16,7	50,0	16,7	
1997/1998 6.b	77,8		11,1	11,1	
1998/1999 6.a	13,3	13,3	46,7	20,0	6,7
1998/1999 6.b	12,5	18,8	56,3	12,5	
1999/2000 6.a	23,1	15,4	46,2	15,4	
1999/2000 6.b	16,7	8,3	41,7	25,0	8,3
2001/2002. 5.a	12,5	12,5		62,5	12,5
2001/2002. 5.b	10,0	30,0	40,0	10,0	10,0
2005/2006 7.a	15,4	23,1	15,4		46,2
2005/2006 7.b	30,0	20,0	20,0		30,0
2005/2006 7.fz	33,3		33,3		33,3
Lányok	Miért áll meg a labda?				
	Értelmezhetetlen válasz	Gravitáció, rossz kifejtéssel	Elfogy a mozgása (ereje)	Lefékezi a környezet	Nincs mozgatóerő megáll
	%	%	%	%	%
1997/1998 6.a	25,0		41,7	8,3	25,0
1997/1998 6.b	27,8		38,9	22,2	11,1
1998/1999 6.a	20,0		20,0	40,0	20,0
1998/1999 6.b	55,6		22,2		22,2
1999/2000 6.a	38,5	7,7	53,8		
1999/2000 6.b	30,0	10,0	30,0	30,0	
2001/2002. 5.a	14,3	28,6	21,4	14,3	21,4
2001/2002. 5.b	7,7	7,7	69,2	15,4	
2005/2006 7.a	12,5	12,5	25,0	12,5	37,5
2005/2006 7.b	27,3	18,2	27,3		27,3
2005/2006 7.fz	100,0				

M3. táblázat: A „Ma van a kidurrant focilabda belsejében?” kérdésre adott tanulói válaszok megoszlása osztályonként és nemek szerint

Gyerekek neve	osztály	Mi van a kidurrant focilabda belsejében?			
		Levegő	Focibelső ...	Nem válaszolt, értelmetlen	Semmi
		%	%	%	%
Fiú	1999/2000 8.a	66,7	33,3		
	2000/2001 6.b	76,9	23,1		
	2001/2002. 5.a	27,3	63,6		9,1
	1999/2000 8.b	76,9	23,1		
	2000/2001 6.a	41,2	41,2		17,6
	2001/2002. 5.b	90,0		10,0	
	2001/2002 6.a	33,3	66,7		
	2001/2002 6.b	60,0	40,0		
	2001/2002 6.c	76,9	7,7	7,7	7,7
Lány	1999/2000 8.a	50,0	33,3	16,7	
	2000/2001 6.b	72,7		9,1	18,2
	2001/2002. 5.a	50,0	7,1		42,9
	1999/2000 8.b	77,8	11,1		11,1
	2000/2001 6.a	50,0	10,0	10,0	30,0
	2001/2002 5.b	73,3		6,7	20,0
	2001/2002 6.a	76,9		15,4	7,7
	2001/2002 6.b	42,9	28,6		28,6
	2001/2002 6.c	78,6			21,4

M4. grafikon: Az iskolai tanulásvizsgálat „szeretett tantárgyak” sorrendje a gázokról folytatott diagnosztikus beszélgetésben résztvevő osztálynál.



M5. ábra: Tanulói válaszok a hőmérséklet-fogalom alakulását vizsgáló feladathoz

2. Két egyforma pohárban azonos mennyiségű víz van. Az egyik pohárban lévő víz hőmérséklete 30°C -on, a másikban lévőé 60°C . Írd a somlra, mekkora lesz a hőmérséklet, ha egy nagyobb pohárban összeöntjük a vizet!



2. Két egyforma pohárban azonos mennyiségű víz van. Az egyik pohárban lévő víz hőmérséklete 30°C -on, a másikban lévőé 60°C . Írd a somlra, mekkora lesz a hőmérséklet, ha egy nagyobb pohárban összeöntjük a vizet!



M6 ábra: Tanulói válasz a mozgással kapcsolatos tanulói gondolkodás vizsgálatához

4. Biztosan megfigyelted már, hogyha egy labdát elgurítunk, az előbb-utóbb megáll. Szerinted mi az oka ennek?

Ennek az az oka, hogy a labda felékelődik a felületen, és megáll. Ha nem fog, akkor a labda megáll.

M7 ábra: Tanulói válasz a mozgással kapcsolatos tanulói gondolkodás vizsgálatához

4 Biztosan megfigyelted már, hogyha egy labdát elgurítunk, az előbb-utóbb megáll. Szerinted mi az

oka ennek? Amikor elkezdi gurulni egy labda, amikor lendületet kap és attól egy ideig gurul-gurul, de egyre lassabban és amikor végképp elveszti a lendületét megáll.

M8 ábra: Tanulói válasz a mozgással kapcsolatos tanulói gondolkodás vizsgálatához

19 Biztosan megfigyelted már, hogyha egy labdát elgurítunk, akkor az előbb-utóbb megáll. Írd le, hogy szerinted mi az oka a labda megállásának!

Az, hogy a kavics vagy a por beférkezik. Ezt mindkettőnek hívják.

M9 ábra: Tanulói válasz a jég-víz hőmérsékletével kapcsolatos elképzeléseket vizsgáló feladatról

6. Melyik melegebb? A 0°C -os jég, vagy a 0°C -os víz? Miért?

A 0°C -os jég azért mert az megvan fagyva és a megfagyott víz hidegebb.

M10 ábra: Tanulói válasz a jég-víz hőmérsékletével kapcsolatos elképzeléseket vizsgáló feladatról

6. Melyik melegebb? A 0°C -os jég, vagy a 0°C -os víz? Miért?

Víz és azért mert a jég az aljátján van a víznek a víz pedig mélyebben.

M11 ábra: Tanulói válasz a jég-víz hőmérsékletével kapcsolatos elképzeléseket vizsgáló feladatról

6. Melyik melegebb? A 0°C -os jég, vagy a 0°C -os víz? Miért?

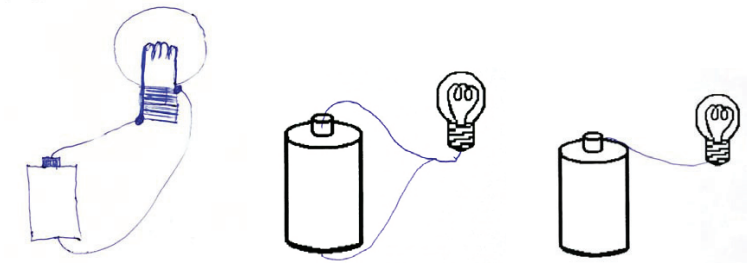
A víz mert ugyan egyenlő hidegség van de a víz tömege nagyobb és akkor hidegebb.

M12. Példa a tanulói válaszban megjelenő kitáguló részecske elképzelésre

6. Nyáron az alaposan felfűjt, napon felejtett gumimatrác könnyen kipukkad. Mit gondolsz miért? —

Mert a melegből az anyag részecskéi kitágulnak és sűrűsödés a levegő részecskéi a gumit matracot

M13 ábra: Tanulói válaszok a zárt áramkör fogalmának vizsgálatával kapcsolatos feladatokra



A rajzon egy elektromos játékokban is használható elemet és egy izzót (égőt) látsz. Egészítsd ki úgy a rajzot, hogy az izzó világíthasson!



M14. Tanítási órán szervezett diagnosztikus beszélgetésekről készült órafelvételek teljes szövege

Milyennek képzeljük a gázokat?

Tanár: Arról beszélgetnénk, hogy a gázokról mit tudunk? (az előző téma zárásaként megírt dolgozathoz csatolt diagnosztikus feladat –gázokkal kapcsolatos vizsgálófeladat – felidézése, a gyerekek választásaival kapcsolatos egyéni döntések megkérdése. A tanár elmondja, hogy ezt a feladatot nem javította, amit a dolgozat megírásakor előre megmondott.) Az első kérdés arra az ábrára vonatkozik, amelyen a folyamatosan színezett lombikban a felső részben található csak anyag)

Kérem szépen azokat a gyerekeket, akit ezt jelölték, hogy próbálják meg elmondani, miért ezt választották, a többieket meg arra kérem, hogy ne fűzenek a másik megjegyzéséhez semmit! Tessék!

Gábor: Én úgy tudom, hogy a gáz, és a meleg levegő is felfelé terjed, (Arisztotelész: a könnyű anyagok felfelé szállnak) mert amikor galériánk volt és az anyukám főzött, mindig éreztem a meleget meg a szagokat.

Gyuri: Én is azért, mert az apukám mondta, hogy a gázok (...) felfelé terjednek, ... és fent mindig tiszta a levegő, ... és melegebb van. És a másik, hogy a szobában fent sokkal melegebb van, mint lejjebb.

Andris: Azt gondoltam, hogy amikor kiveszik belőle a gázt, a meleg levegő szétterjed. ...

Tanár: Mire gondolsz konkrétan?

... (Gyerek szövege nem érthető, tanár megismétli:

Tanár: Tehát arra gondolsz, hogy amikor kiengedik a gázt, akkor a maradék ott van fent, de aztán a szétterjed?

Andris: Igen!

Tamás: Én egy nagyon egyszerű ok miatt, mert amikor mentünk cirkuszbá és kaptam léggömböt, akkor az mindig felfelé szállt, és húzta a kezemet, úgyhogy erre gondoltam.

Tanár: Volt-e olyan közöttetek, aki azt az ábrát választotta, ahol ugyanez a helyzet, csak „pöttyök” vannak a rajzon? (g ábra)

Kati: Én csak tippeltem.

Tanár: Próbáld megfogalmazni, miért?

Kati: Úgy gondoltam, hogy a gáz felfelé száll.

Tanár: És miért ezt a „pöttyőset” választottad?

Kati: Mert úgy gondoltam nem marad benn annyira a gáz!

Tanár: Ki választott még a felső sorból? (folytonosan kitöltött ábrák közül)

Osztály: többen jelentkeznek.

Attila: Én azt választottam, amelyik nincsen annyira kiszínezve (halványabb, de egészen színezett) és azért, mert a gáz szétterjed, és az üvegben is, és azért választottam.

Tanár: Azt mondta Attila, hogy a levegőben szétterjed a gáz? (szünetet tart.

Gyerekek (többen): szerintem is szétterjed. Kijön és szétterjed!

Tanár: Ne olyan sokan egyszerre, most fontos lenne, hogy értsük, mit mondotok!

Marci: Szerintem mind a két irányban, oldalra és felfelé is.

Tanár: Melyik az a két irány? Ha mondjuk itt szabadul ki a gáz, az ujjam hegyénél, akkor melyik két irányra gondolsz?

Marci: Hát bármire terjedhet, nemcsak egy irány van! (többen: Bármire terjedhet.)

Tanár: Hogyha tehát, most én kinyitok itt egy varázspalackot, és kiengedem belőle a hagymának a szagát, -azt ugye mindenki ismeri- az egyáltalán gáz?

Osztály: Nem!

Tanár: Hát akkor mi?

Osztály: Szag! Illat!

(A gyerekek tanácsalanságát látva, a tanár elengedi ezt a kérdést, és visszatér a vizsgálófeladat elemzéséhez.)

Tanár: Azokat kérdezem, akik a felső sorból (folytonos anyagkép) választottak, miért azt választották, és miért nem abból, ami alul van? Tudnak-e valamit mondani?

Eszter: Én a másodikat választottam (teljesen beszínezett, de nem olyan sötét, mint az első), mert úgy láttam a rajzon, hogy felül kicsit több (anyag) van. (Az ábra egyenletesen színezett!!! meghamisítás)

Tanár: És miért gondolod, hogy felül kicsit több van?

Eszter: Mert felszáll!

Tanár: Nézzük a többi választást. Aki az alsó sorból választotta az f-et?

Lány 1: Én tippeltem, és azért ezt, mert arra gondoltam, hogy a levegőben szétterjed a gáz, és a felét már kiengedtük.

Tanár: És miért a pöttyöset választottad?

Lány 1: Mert a felét már kiengedtük!

Tanár: De a felső sorból is lehetett volna választani ... De miért nem a sorban a másodikat választottad? Ott kevesebb „pötty” van?

Lány 1: Nem tudok válaszolni!

Gyurika: Én azért választottam az f-et, mert ha egy kicsit kiengedünk a gázból, akkor nagyobb köz lesz a részek között és ez úgy elterjed minden felé.

Tanár: Megismétlem, azt mondtad, hogy kicsit nagyobb hely van a gázrészek között.

Gyurika: Igen, nem lesz olyan sűrű, azért egybe van, de nem lesz olyan sűrű, olyan áttetsző, ...

Marci: Szerintem is, mert ha a gázokat kieresztjük, az minden irányban terjed.

Van-e a teremben gáz?

Tanár: Van-e itt a teremben gáz?

Osztály: Van! Igen! Nagyon kicsi mennyiségben, de van! Nekem fogalmam sincs!

Tanár: Megismétli a kérdést: Van-e a teremben gáz? Nézzük ki, mit gondol!

Marci: Szerintem van, mert amit mi például kilélegzünk a széndioxid, és abban is van egy kicsi gáz.

Fiú 1. : Szerintem a levegő is az.

Tanár: Van a teremben levegő?

Osztály: Hát persze! Van

Tanár: És ha van a teremben levegő, annak mi köze van a gázhoz?

Osztály: Sok köze van! A levegő is gáz! Sok gáz.

Tanár: Most úgy, hogy értsük egymást.

Noémi: Szerintem van a levegőben gáz.

Fiú 2. : Szerintem is minden levegőben van gáz, mert minden emberben is van gáz, és az is kell az embernek, hogy éljen.

Tanár: Például milyen gázra van az embernek szüksége ahhoz, hogy éljen?

Osztály: Oxigénre!

Gyerek: A levegő is egy gázfajta!

Tanár: A levegő is egy gázfajta. Akkor nézzük milyen anyagok vannak a levegőben? Ki mit hallott már erről, vagy esetleg tanulatok róla?

Anyó: Oxigén, szén-dioxid ...

Tanár: Ha nagyon hideg lenne, az ablakon mit lehetne látni?

Osztály: Pára!

Tanár: Az mi lehet?

Osztály: Víz!

Tanár: Akkor van a levegőben ezek szerint vízpára?

Osztály: Igen! Nem! (megoszlanak a vélemények.) De van! Nem egyformán!

Tanár: Van amikor sok, van amikor kevés! Akkor nézzük, mikor sok, mikor kevés!

Csilla: Nyáron például sok lehet ... De télen is lehet ... csapadékos időben több sok ...

Tanár: Keressünk gondolatban egy olyan helységet a lakásban, ahol általában sok a pára.

Tamás: Fürdőszoba! A víz miatt.

Anikó: A konyha. A főzés miatt, de az is vízzel kapcsolatos.

Tanár: Honnan tudjuk, hogy van a levegőben oxigén, szén-dioxid, víz, ... Honnan tudjuk?

Attila: A tudósok megmondták, kikísérletezték!

Tanár: És ha a tudósok tévednek, vagy „rosszul kísérletezték” ki? Olyat mondjal nekem, amit esetleg én is meg tudok nézni!

Noémi: Hallottam valahol, hogy a levegőben oxigén és nitrogén van!

Tanár: Az is van benne! Honnan tudjuk, hogy a levegőben például van oxigén? Ki tud olyan jelenséget, vagy kísérlete mondani, amellyel el megmutathatjuk?

Csilla: Egyszerűen megfulladnánk!

Tanár: Igen, de talán tud még valaki mást is!

Tamás: Talán ha melegebb lenne, akkor biztosan nagyobb lenne a páratartalom, és azt mindenki érezné!

Tanár: Na jó, akkor majd később visszatérünk arra, hogyan lehet kimutatni, hogy van-e a levegőben ez- meg az, de most figyeljete ...

Van-e tömege a levegőnek?

Tanár: Akkor térjünk vissza a levegőhöz! Abban megállapodhatunk, hogy van itt a teremben levegő?

Osztály: Igen!

Tanár: A levegő az anyag?

Osztály: Igen!

Tanár: A levegő anyag, akkor van neki tömege?

Osztály: Igen! Nem! (Megoszlanak a vélemények.)

Tanár: (Engedi, hogy a gyerekek röviden szembesüljenek válaszaik ellentmondásával, -itt a szövegek nem érthetők) majd újra átveszi az irányítást.)

Tanár: Van a levegőnek tömege?

Fiú 3: Minimális!

Tamás: Ha például a bűvárok lemennek palackkal, akkor beleraknak egy csomó levegőt, és akár szétfeszíthetné azt.

Tanár: De nem feszíti szét, mert jó erős a palack fala.

Tamás: Igen, de hogyha rossz a palack, akkor felrobbanhat.

Tanár: Ez persze lehet! Akkor megállapodhatunk abban, hogy a levegő anyag?

Osztály: Igen!

Gyurika: Amit az előbb Tamás mondott, ahhoz még annyit, hogy azt, hogy mennyi gáz fér egy palackba, azt literrel szokták mérni.

Tanár: Akkor térfogata is van neki, igaz?

Osztály: Igaz! Nem. Nem tudjuk.

Gyurika: Nem tudjuk megmérni az összes levegő térfogatát!

Tanár: De a palackban lévő levegő térfogatát meg tudjuk mérni?

Osztály: Azt meg!

Tanár: Akkor van térfogata!

Csilla: Ha egy léggömbbe túl sok levegőt fújunk, akkor az szétdurran.

Varázsló

Tanár: Képzeld el, hogy egy varázsló lehetővé teszi neked, hogy lásd ezt az anyagot, a levegőt! Látod! Szeretném, ha elmesélnéd, hogy mit látsz! Tehát itt a közöttünk levő részben lévő levegő valamilyen varázslat folytán láthatóvá válik a számodra. Hogy néz ki ez az anyag? Mit gondolsz? Ez nagyon fontos lesz ahhoz, hogy továbbmenjünk! Minél érzékletesebben! Kivel kezdjük?

Lány 3: Zöld színű valami, mindent zöldnek képzelek!

Noémi: Szerintem ilyen sötétebb!

Tanár: Sötétebb, és mi? Meséld el, én nem látom, hogy te mit látsz, ha becsukod a szemedet és elképzeled a levegőt!

Noémi: Olyan sötét, ...

Eszter: Szürke részecskék ...

Attila: Én kéket.

Tanár: Kék mit?

Attila: Szürkés-világoskék, olyan, mint a víz, olyan mindenütt van, ... és benne a szennyeződések, ...

Tanár: De mi ez? Olyan, mint a víz? Olyan, mintha a víz alá lelépsz, és kinyitod alatta a szemedet? Olyan?

Attila: Nem, sokkal halványabban látom, de olyan ...

Tanár: Mindenütt van, olyan folytonosan mint a víz?

Attila: Igen. És olyan szürkés színű a piszoktól.

Tamás: Én szerintem azért nem látjuk, mert ...

Tanár: De én azt mondtam,

Tamás: Igen, igen, de ebből fog következni. Azért nem látjuk, mert kicsi. Ezért az a varázsló, lehetővé tette, hogy lássuk, ezért én azt látom, hogy egy csomó gömböcskét, ilyen furcsa kis tojás alakú gömböcskét. (Nevetés)

Tanár: A tojás alakú gömböcske tényleg furcsa lehet!

Tamás: Na jó, akkor legyenek gömb alakú gömböcskék!

Tanár: Tőlem lehet tojás alakú is. ...

Tamás: Néhol, elszórva, nagyobb-kisebb gömböcskét látok, de ilyen csoportban vannak. ... és mindenhol van, így semmit nem látok, se a falat, se semmit, mert ez mindenhol van.

Tanár: És ezek a kis gömböcskék mit csinálnak? Ott vannak?

Tamás: Hát nem tudom, hol eltolódnak, hol visszajönnek.

Tanár: Aha. Jó. Akkor menjünk tovább. Kérek szépen egy másik leírást!

Kati: Én úgy látom, hogy olyan, mintha víz lenne, de azért átlátszó, és ilyen hullámosan láthatjuk benne a tárgyakat.

Tanár: Most ne is nézzél a tárgyakra, csak magát ezt az anyagot nézzed! Te ilyen folytonosnak képzeld el!

Kati: (határozottan) Igen!

Tanár: És úgy bele tudsz merülni, mint a vízbe?

Kati: Nem!

Tanár: Azért abba gondold bele, hogy a levegőbe azért elég jól bele tudok merülni! Én például most hasítom itt a levegőt (elindul a teremben)! Szórom itt szét a levegőt!

Kati: Igen, de, ... körülöttem mindig mindenhol van.

Tanár: Gyerekek, olyan jó szokincsetek van! Próbáljatok meg jelzőket, hasonlatokat mondani.

Kati: Olyan, mint víz lenne, de ...

Tanár: De annál ritkább?

Kati: Nem ...

Tanár: Hát ez az! Te látod, neked kell megpróbálnod elmondani!

Kati:

Tanár: Menjünk tovább?

Kati: Int, hogy igen.

Csilla: Olyan, mint a köd. Mert van benne vízpára, és ezért olyan.

Tanár: És a ködöt, azt milyennek látod? Ilyen sűrűnek?

Csilla: Homályosnak.

Tanár: És egybefüggőnek látod?

Csilla: ... hát néhol sűrűbb a köd, néhol pedig ritkább.

Tanár: Olyannak képzeld el, mint a Tamás, részecskékből állnak, vagy folytonosnak?

Csilla: Folytonosnak, csak van ahol erősebb.

Tanár: Tehát van ahol sűrűbb, van ahol ritkább.

Csilla: Igen.

Andris: Azért nem látjuk, mert színtelen! ...

Tanár: Ez igaz, az megbeszéltük, hogy nem látjuk, de azt mondtam, hogy képzeld el, hogy elvarázsoltalak, és hirtelen látod a levegőt! És azt szeretném, ha elmondanád, hogy mit látsz a levegőben!

Andris: Olyan, mint a víz. Csak nem olyan sűrű ... (többi szöveg érthetetlen.)

Tom: Olyan, hogy mindent beterít, és nincsen sehol semmilyen kis nyílás, és nem látunk csak ilyen nagy fehérséget. Olyan, mintha nagy tejfőlben lennénk. És csak ha valamit berakok a szekrénybe, csak akkor látnám magát a szekrényt.

Tanár: Akkor akadályozná a közlekedésünket, ha látnánk a levegőt, úgyhogy az baj lenne, mert nekimennénk mindennek. Nyilván nem véletlenül nem látjuk a levegőt, de hogy van, azt tudjuk, és ezért fontos egy csomó mindent megtudni róla. Csak ma arra lennék kíváncsi, hogy hogyan gondolkodtok eddig a levegőről?

Marci: Szerintem olyan, mint a porszemcsék! Át lehet rajta látni, de azért mindenhol van, és hát sűrű! Elég sűrű!

Tanár: Olyan, mint a porszemcsék ...

Marci: Amikor a nap megvilágítja porszemcséket ...

Tanár: Tehát, neked ilyen kavargó szemcsék jelennek meg a szemeid előtt! (Itt egy utalás következik a fényvel kapcsolatos kísérletre, amikor a besötétített osztályba beszüródő vékony fénysugár útját, a táblatörlő szivacsról felszálló krétaporral keresték meg. Ez a jelenet a felvételen nem látható, az osztály korábbi, közös élménye volt.) Ezek mit csinálnak, ezek a darabok, szemcsék?

Marci: Száguldoznak, össze-vissza.

Tanár: Csak fent vannak?

Marci: Nem. Mindenhol.

Gyurika: Én úgy képelem el, hogy ilyen gömböcskék (kezével is mutatja) és olyan, mintha minden elől menekülne, és ha valami megváltozik, például ha elveszem a kezemet, mintha mint a mágnes, vonzaná a részecskéket egyből oda, és útvonalai vannak. Például, amikor én beszélek, akkor jön ki a levegő (szájából kiáramló levegő útját mutatja) és akkor a részecskék mennek arra. Vagy fúj a szél, és a részecskék így egymást elsodorják. És ilyen össze-vissza sodrása van. ... És így csiszolódnak, szóval nincs köztük különbség ... mert oda már egyből bemegy ...

Tanár: Szóval mindenütt vannak ezek a részecskék?

Gyurika: Igen! Ha fölemelem a könyvet, alatta nincsen, de amit felemeltem, akkor más förrr „ott is vannak.

Tanár: Jó, nyugalom, meghallgatunk mindenkit!

Fiú (4): ... A levegő olyan, mit a gáz, de nem normális ... mert ez a gáz teljesen lent van, teljesen letelepszik ...

Tanár: Lent van teljesen?

Fiú (4) A nagy része lent van teljesen, de följebb is van azért, de nem olyan sok ...

Tanár: Tehát például a tízemeletes háznak a földszintjén, ott nagyon jól lehet lélegezni, de a tizediken már nincsen levegő?

Fiú (4): Nem ilyen kis méretekben, hanem például 1000-2000 méterre!

Tanár: Aha! Tehát például a magas hegyeken, például a Himalája tetején, ott kevesebb a levegő! Igen! És ezt miből gondolod? Úgy érzed?

Fiú (4): Aha!

Gábor: Én úgy képelem, hogy ilyen kék foltokat látok, amelyek közel vannak egymáshoz, és ha például valaki felé megyek, akkor látom például a tüdejét, mert ott is levegő van, meg a körvonalait látom, ahol a test körül van levegő, azt is.

Tanár: Most azt szeretném megkérdezni, hogy ezek a kék foltocskák, amikről beszéltél, ezek egymáshoz érnek, egymástól távol vannak, mit csinálnak?

Gábor: Nem ezek egymástól távol vannak, nem olyan nagy távolságra,

Tanár: És közük férnének be?

Gábor: Igen! ...

Tanár: és sok ilyen kék foltocskát képzelsz?

Gábor: Igen, nagyon sok van, ...

Csilla: Én úgy képelem el, mintha vízben lennének. És a vízben is így a buborékok ott vannak, de nem fölfelé száll, hanem mindenhol, és ilyen csoportokat is ...

Tanár: Tehát azt mondd, hogy mintha a vízben lennének a buborékok, csak a buborékok ott maradnának. Így jól értem? Így gondolod?

Csilla: Igen de, azért (kezelével mozgást mutat) úgy mozognak.

Tanár: Tehát mozognak a buborékok, de nem csak fölfelé?

Csilla: Igen, bármerre.

Tanár: Aha, értem. És ami a buborékok között a víz, az itt micsoda?

Csilla: Hát (tanácstalan, nincs válasz.)

Tanár: Melyik a levegő ebben az elképzelésben? Mert ugye mondtál egy elképzelést a levegőről, a víz és a benne lévő buborékok. Na most arra lennék kíváncsi, hogy ebben az elképzelésben mi felel meg a levegőnek? A buborék, vagy a víz?

Csilla: Hát, ... a víz, az úgy van valahol, ... és akkor vannak ezek a gázok, .. az úgy semmi ... a gázok vannak a semmiben.

Tanár: Az úgy semmi. Tehát a gáz, az úgy semmi?

Csilla: Nem! A gázok vannak a semmiben.

Tanár: A gázok vannak a semmiben! Így már értem! Csak azt nem értem, hogy akkor mik azok a gázok tulajdonképpen? A semmit azt értem, illetve elképzelni nem tudom, de azt nem értem, hogy a gázokat hogyan képezed el te!

Csilla: A gázok, azok ilyen kis gömböcskék, csoportosulnak néha, ... nagyobb és kisebb csoportokba, ... összegyűlnek, aztán nem gyűlnek össze, ...

Tanár: Ha van még valakinek hozzáfűzni valója ehhez az elképzeléshez, azt meghallgatnánk. Próbáld meg!

Dóri: Hát mondjuk, hogy a víz a levegő, és a buborék meg mi vagyunk.

Tanár: Aha, és úgy „úszunk” a levegőben ... ,

Dóri: Nem úszunk, mozgunk, ...

Tanár: Jó, mozgunk, értem. Van még valaki?

Attila: Nem olyan, mint egy tóban, de könnyebb mozogni, mint a vízben, sokkal.

Tanár: Ez igaz.

Eszter: Én úgy képelem, hogy a gázok azok szürkék, és a levegő ilyen nagyon, de nagyon halványkék

Tanár: S a levegő nem gáz?

Eszter: De, csak kék!

Tanár: Tehát ez egy olyan gáz ami kék, és vannak a többi gázok, amik viszont szürkék?

Eszter: Igen!

Tamás: Én azt hiszem be tudnám bizonyítani, hogy van valami közöttük!

Tanár: Majd később!

Kati: A levegő sűrűbb, mint a víz, de könnyebben mozgunk benne!

Tanár: Tehát a sűrűbb anyagban könnyebben mozgunk?

Kati: (Nincs válasz)

Tanár: Jó, gyerekek. Amikor szeptemberben (a tárgy tanulásánakkezdetén) megállapodtunk abban, hogy amikor arról beszélünk, hogy bizonyos dolgokról ki mit képzel, akkor nem kacarászunk egymáson. Nagyon nehéz dolog megfogalmazni azt, amit erre a kérdésre válaszként el kell mondanotok. Ezt nehéz szavakba önteni, ezzel küszködik mindenki.

Csilla: Akkor is látszik, hogy a magasban kevesebb a levegő, hogy amikor kimegyünk a világuírbe, ...

Tanár: Akkor ott annyira kevés a levegő, hogy már nincs is.

Csilla: Igen!

Csilla: De mihez képest magas?

Tanár: Hát ez egy jó kérdés! Mihez képest magas? Mi a Földön vagyunk! Egy idő után a „magas”, meg a „mély” kérdése már egy kicsit mást jelent. Azt lehet mondani viszont, hogy milyen távol vagyunk a Földtől.

Nagyon sok mindent elmondtatok a levegőről, és nagyon sokféle kép van a fejetekben. Szeretném elmondani, és felhívom mindenkinek a figyelmét arra, hogy én egyik véleménynel kapcsolatban sem mondtam senkinek sem, se azt, hogy igen se azt, hogy nem. Ugye erre emlékszik mindenki? Meg fogjuk tanulni a következő órákon, hogy hogyan gondolkodjunk erről a láthatatlan anyagról, amit levegőnek nevezünk. De a mai órán én még semmit sem mondtam, úgyhogy ne gondolja senki, bárki bármit mondott, hogy az biztosan jó lesz, vagy nem lesz jó.

Az egyszerű gázmodell megalkotása

(Az előzetes, itt nem részletezett óraszakaszban arról van szó, hogy a gázrészecskék hogyan és miért mozognak.)

Tanár: Szóval a gázok részecskéiről van szó! ...

Tamás: Szerintem a levegő ... van szó, valami mozgatja,

Csilla: Valaminek kell lennie, ami mozgatja ? ...

Marci: Szerintem is a légmozgástól, mert ...

Tanár: Szóval akkor vannak a gázok, és azon kívül van még a levegő?

Osztály: Nem! Igen! Szerintem azért mozognak, mert mi mozgunk!

...

Tanár: Akkor, van szén-dioxid, és ezen kívül még van a levegő, így gondoljátok el?

Osztály: Nem!

Tanár: Akkor viszont, hogy gondoljátok el?

Marci: Szerintem keverék! Az oxigénben van egy kicsi gáz, és a gázban is van egy kevéske oxigén.

Tanár: Szóval az oxigénben van még valami gáz! (osztály tanácstalankodik) No de én úgy gondolom, hogy maga az oxigén a gáz, és az oxigén nevű gáz az, ami részecskékből áll! És most ezekről a részecskékről beszélünk! Ez nem egyeztethető össze azzal, amit te gondolsz, Marci?

Marci: (Nem érti, hogy mi a különbség a két megfogalmazás között.)

Tanár: Azt mondtad, hogy „az oxigénben van valami gáz”, én meg azt mondtam, hogy „az oxigén maga a gáz”.

Marci: Ja! ... (Nem tud hozzászólni a kérdéshez.)

Tanár: No akkor tovább!

Gyurika: Szerintem meg a légmozgásnál még azért is, mert vesszük a levegőt, és ahogy így vesszük a levegőt beszívjuk, meg ...

Tanár: Tehát akkor mi mozgatjuk?

Marci mellett: Igen, részben mi is mozgatjuk, meg minden, ami mozog!

Mi van a részecskék, a golyók között?

(Az előzőekben megbeszélték a gázmodellt.)

Tanár: És mi van a golyók között?

Osztály: Kölcsönhatás! Ilyen kis vonalok!

Tanár: Nem, semmi nincs! (Térbeli biliárdasztal segítségével próbálja meg elmagyarázni, hogyan érdemes elképzelni a gázmodellt.)

A részecskék mozognak

Tanár: Mitől jöttek mozgásba azok a részecskék?

Gyurika: Hát becsukom a könyvet, és akkor a részecskék így egyből mennek el onnan, és egyből, mindig, és amikor elindul akkor gyorsan megy, és egyre lassúbb.

Tanár: tegyük fel, hogy mindenki megígéri, hogy nem fog mozogni!

Osztály: Akkor lelassulnak! De levegőt akkor is vesz!

Tanár: Jó, akkor az osztálytermetekben nincsen senki, ablak be van csukva, ajtó be van csukva. Tökéletesen szigetelt az ablak, ami most nem, de lehet szigetelni, akkor is mozognak-e a részecskék?

Kati: Szerintem igen, mert amíg bent vagyunk, és az egyik részecske megmozdul, az összeütközik a másikkal, és ez így folyamatosan megy.

Tanár: Szóval azt mondod, hogy azt a mozgást őrzi meg a gáz, amit mi belemozdítottunk!

Kati: Hát egy ideig!

Tanár: Aha, szóval akkor a nyári szünet végén, amikor a gyerekek bemennek a terembe, akkor csak így a földön lehet menni, mert addigra oda leül a levegő.

Osztály: Nem! Nem!

Tanár: Nem így van?

Osztály: Nem!

Tanár: Akkor valami nem stimmel, mert hogyha attól mozogna a levegő, ami mozgást mi viszünk bele, akkor egy hosszú ideig magára hagyott helységben a levegő részecskének mit kéne csinálni?

Osztály: Megállni! Leüledni!

Tanár: Hol?

Osztály: Lent! A levegőben!

Tanár: Mitől maradna fent? Hát vonzza a gravitáció! Minden tárgyat vonz, most tanultuk nem régen!

Gyurika: De az nem tárgy!

Tanár: De tömege van!

Gyerek (nem azonosítható): Ezt akartam mondani! Vagy a gravitáció miatt, vagy pedig a légnyomás miatt!

Tanár: Jó a gravitáció miatt is mozognak, de ha csak a gravitáció befolyásolná őket, akkor minek kellene történnie?

Gyerek: Hát akkor leülednének az asztalra, a földre és ott maradnának!

Csilla: Hogyha a nyári szünet elején becsukjuk az ablakot, és ki sem nyitjuk a nyári szünet végéig, akkor jóval kevesebb levegő lesz mert, a szobában ... (indoklás sajnos nem érthető)

Tanár: Erről kinek, mi a véleménye?

Tamás: Én azt tapasztaltam, hogyha a kocsiba megyünk, és bezárjuk az ablakokat, meg minden, akkor egy idő után 'tök' fullasztó lesz, és hogyha lehajolok, akkor nagyon fullasztó lesz.

Tanár: Na jó, de ennek mi az oka?

Noémi: Hát elhasználjuk a levegőt!

Tanár: Mit használunk el különösen a levegőből?

Osztály: Oxigént!

Tanár: Tehát nem arról van szó, hogy feléljük a levegőt, persze bizonyos értelemben igen, egy bizonyos részét, az oxigént elhasználjuk. De a legutóbb felsorolt jelenségek nagyon megzavarják az elképzelés kialakítását a fejtekben. Tehát amiről most beszélünk, azok a jelenségek természetesen vannak, de most próbálunk meg elképzelni egy olyan szobát, vagy edényt, vagy bármit, ahol benn van a gáz, egyfajta gáz. A levegő azért is bonyolult, mert a levegő ugyan gáz, de többféle, különböző anyagból álló gáz, keveréknek mondjuk. Ettől bonyolulttá válik a helyzet. Most egyszerűsítsük le, amennyire csak lehet és kizárólag egyfajta anyagból álló gázhalmazállapotú anyagot képzeljünk el, mondjuk van egy jó nagy képzeletbeli tartály, mindenki képzeljen el ilyen tartályt! Oké, megvan? És ebben vannak ezek az apró részecskék. És az a kérdés, hogy mozognak-e mindig, vagy nem mozognak?

Attila: Mozognak, mert ha felmelegítjük őket, akkor sokkal gyorsabban mozognak, de ha lehűtjük, akkor meg sokkalta lassabban. Össze-vissza mozognak.

Tanár: Ezt miből gondolod?

Attila: Sehonnan, csak olvastam.

Tamás: Most már rengeteg sok minden összegyűlt a fejemben. Na szóval, kezdjük onnan, hogy megpróbálom válaszolni a kérdésekre. Eszembe jutott, hogy a meleg levegő az könnyebb, tehát felszáll. A hideg levegő meg hát nem leszáll, de lejjebb van, mint a meleg a levegő, és így mindig forognak, tehát ... helyet cserélnek. És hogy miért fogy el a levegő például a kocsiban, azért speciel, mert a levegő az nagyon sok mindenből áll, és sokkal kevesebb oxigén van benne, mint mondjuk nitrogén, .. ilyen kis részecske, vagy micsoda ... és ezt beszívjuk, de mondjuk valami mást lélegzünk ki, .. most nem tudom ...

Tanár: Tehát nem elfogy a levegő, hanem átalakul az összetétele?

Tamás: Igen!

Tanár: Így egy kicsit pontosabb, de még mindig azt szeretném, ha majd erre a felmegy a meleg levegő, lejön a hideg levegő kérdésre, ami nagyjából a szél kialakulása, amit földrajzból tanultatok, vagy nem, erről majd fogunk beszélni egy kicsit később. De most próbáljunk meg együtt hasonló dologról gondolkodni. Tehát van egy tartály és benne van egyfajta gáz, legyen az oxigén, jó? Egyforma részecskék vannak, csak egyfajta gáz van, se ki se be lélek az ajtón, le van zárva a tartály. Mondjuk lehet ... gázpalackot mindenki látott már, ugye?

Osztály: Igen! Persze!

Tanár: Na olyanban legyen a gáz. És ugye arról beszéltünk, hogy abban mozognak-e a gázc részecskék?

Attila: Állnak!

Tanár: Itt már volt az Attilának egy véleménye, a többiek mit gondolnak erről?

Csilla: Szerintem mozognak. Én úgy képezem el, hogy az űrben is minden mozog, szóval, ... és szóval, ha kivinnénk oda valamit és meglöknénk, akkor az menne egészen addig, amíg össze nem ütközne valamilyen más testtel.

Tanár: Igen.

Eszter: Mindig mozognak, csak egyre lassabban, miután valami ... höingás, vagy valami kezdődik, és akkor megint gyorsabban mozognak, és aztán megint egyre lassabban, hogyha nem változik a ... (érthetetlen)

Tamás: (Szöveg nem jól érthető, de a tartályban lévő szabad hellyel kapcsolatos.)

Tanár: Na jó, akkor, most egy másik szempontot hagy' hozzak bele ebbe asz egész gázképbe. Biciklije kinek van? (sokan jelentkeznek) Ki az aki már pumpált biciklit föl: (Szinte mindenki jelentkezik) Remek! Akkor ebből egy jó feladat lehet! Mi történik? ... De ne olyat mondj, hogy nyomom a pumpát, mert teljesen világos mindenkinek! Képzeld el, hogy benn vagy abban a kerékben, vagy éppen belepumpálnak, szóval, hogy mi történik ott, amikor felpumpáljuk ezt a kereket? A részecskékkel? És miért lehet egyáltalán felpumpálni levegővel a kereket?

Dóri: Hát szerintem összetömrülnek a részecskék.

Tanár: Összetömrülnek a részecskék! Miért előtte hogy' voltak?

Dóri: Sokkal szabadabban!

Tanár: Hogy' érted azt, hogy szabadabban?

Dóri: Hát hogy több volt köztük a távolság, és most pedig összeszorultak.

Tanár: Ezt más is így gondolja? Biztos? Tehát a gáz részecskéi egymástól távol helyezkednek el. (A megállapítás rögzítése következik a füzetbe, valamint annak a megbeszélése, hogy hogyan kell érteni az „egymástól távol” kifejezést, mekkora ez a távolság a szokásos méretekhez képest.)

M15. Interjúvázlatok az egyéi interjúkhoz

I. Elektromos mező

Az elektromos mező képének megkonstruálása a gyerekek számára nyilvánvalóan nem könnyű feladat, különösen, ha azt várjuk el tőlük, hogy a tudományos képpel összeegyeztethető elképzelést birtokoljanak. Ez a konstrukciós folyamat nyilvánvalóan nem akkor kezdődik el, amikor az iskolai tanítás a kérdéses tananyagrészhöz érkezik, hiszen számos olyan eszközzel találkozhatnak a gyerekek a hétköznapi életben is, amely működése során az elektromos mező alapvető szerepet játszik. Ezek közül, az előzetes beszélgetések során a leginkább hatékonynak bizonyulót választottuk ki most a csoportos probléma-megoldás témájaként. Ha azonban egy konkrét beszélgetés során úgy tűnik, hogy a gyerekeket valami más jelenség foglalkoztatja inkább, akkor a feladatot arra a jelenségre is átfogalmazhatjuk. **Ilyen esetben rögzíteni kell azt a konkrét feladatot (jelenséget, eszközt) aminek megoldására a csoportot végül is felkértük.**

A gondolkodás elindításához általában több irányító, gondolatot ébresztő kérdést célszerű feltenni, ezek közül néhányat az alábbiakban megfogalmaztunk:

- **Hogyan juttatja el „akaratát”/”jelzését” a felhasználó az eszközökhöz?**
- **Mi történik a távirányító és a TV között, miután megnyomtuk a gombot?**
- **Van-e valami a távirányító és a TV között?**
- **Próbáljuk meg elképzelni ezt a valamit! / Képzeld el, hogy egy varázsló képessé tett minket arra, hogy lássuk, hogyan jut el a távirányító „jelzése” a készülékre! Mondjátok el, mit láttok!**

<p>a) <u>A kérdés feltétele után először adjunk időt a gondolkodásra, és hallgassuk meg gyerekek egyénileg megfogalmazott magyarázó alternatíváit.</u> Ehhez először kérjük arra a gyerekeket, hogy mindenki önállóan gondolja ki a kérdésre az általa vélt magyarázatot, erről készítsen valamilyen formában jegyzetet (szöveg, vagy rajz), majd pedig kérjük arra őket, hogy ismertessék egymással egyéni elképzeléseiket, és próbálják megvitatni, kiegészíteni, pontosítani azokat. Amikor az egyéni elképzelések ismertetése zajlik, ügyeljünk arra, hogy a gyerekek ne bántassák meg egymást, például azzal, hogy megjegyzéseket tesznek, vagy esetleg kinevetik egymást! Ha ilyenre sor kerül, akkor a továbbiakban néhányan nehezen fognak bekapcsolódni a közös munkába. Ezért a beszélgetés megkezdése előtt hívjuk fel a figyelmüket arra, hogy egymás elképzeléseit, ötleteit tartsák tiszteltben, mert minden gondolat értékes a számunkra, és ők is tanulhatnak abból, ahogyan a társuk gondolkodik. Amikor a gyerekek ismertetik saját elképzeléseiket, segítsük, bátorítsuk őket. Mondjuk meg a gyerekeknek, hogy egyéni elképzeléseik értékesek. Ha az egyes gyerekek nem találják a szavakat, akkor segítségükre lehetünk azzal, hogy felkínálunk néhány szót, kifejezést, esetleg képet a saját gondolatok megfogalmazásához, de arra ügyeljünk, hogy ezzel a segítséggel ne adjunk a gyerekek szájába általunk ismert modelleket, amelyek a gyerekek számára esetleg egészen más jelentenek.</p>	<p><u>Fel kell jegyezni:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • egyéni elképzeléseket (ha vannak leírások, rajzok, azokat is tegyük el. • Milyen előzetes tudás, elképzelés nyilvánult meg a megszólalások során • a vita során elhangzó érveket, • a vita egyéb jellegzetességeit, • a megalkotott közös magyarázatot, • a vitavezető által fontosnak tartott minden egyéb információt • jegyezzük föl, milyen segítő
--	---

Ha az egyéni képeket megfogalmazták, kérjük meg őket arra, hogy próbáljanak érvelni elképzelésük mellett, vitassák meg, melyik elképzelésnek mi az előnye, miben rejlik a „magyarázó erő”. Ha lehetségesnek találjuk, alkossanak a gyerekek az elhangzott egyéni képekből közös magyarázó rendszert.	kérdéseket adtunk a csoportmunka során.
--	---

<p>b)</p> <p><u>Ha a gyerekek semmilyen magyarázatot nem tudnak önállóan megfogalmazni, akkor használjuk fel a következő magyarázó-alternatívákat a beszélgetés megkezdésére.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • valami, ami a tárgyak között hullámozik; ha valaki jelez benne (megnyomja a távirányítót) hullámozást kelt, mint a hajó a vízen, ez érkezik el a TV-hez; • olyan, mint ha kis lövedékeket bocsátanánk ki egyik tárgyból a másikra, amikor a lövedék becsapódik, bekapcsolódik a készülék; • nincsen semmi, de a hatás valahogyan odajut; • valami olyan anyag, aminek mindenütt ott van, áll, és a jelzés elterjed benne; <p>Ekkor viszont <i>mindegyiket el kell mondani, és csak az után válasszák ki a gyerekek azt, amit a leginkább megfelelőnek találnak.</i> Most is először egyénileg történjen a kiválasztás, amelynek során lehet az általunk felkínált alternatívákat módosítani is, majd ez után következzen a csoportban a közös magyarázó alternatíva megalkotása.</p>	<p><u>Fel kell jegyezni:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • egyéni választásokat gyerekenként, • a vita során elhangzó érveket, • a vita egyéb jellegzetességeit, • a megalkotott közös magyarázatot, • a vitavezető által fontosnak tartott minden egyéb információt • jegyezzük föl, milyen segítő kérdéseket adtunk a csoportmunka során.
---	--

II. Mi történik, amikor egy test elektromos állapotba kerül?

Egy elektroszkópot töltünk föl pl. megdörzsölt műanyag vonalzó segítségével. Kérjük meg a gyerekeket, hogy alkossanak magyarázatot a jelenségre. Ezt a magyarázatot jegyezzük le. A továbbiakban a magyarázathoz kapcsolódhatnak majd a kérdések, de azért megpróbáljuk vázlatosan jelezni, hogy milyen irányokban lehet majd –várhatóan– elindulni.

Az is gyakran szóba került a gyermeki magyarázatok során, hogy valamilyen mágneses hatás játszik itt szerepet, úgyhogy készítsünk elő egy mágneset ennek a kérdésnek a tisztázása érdekében.

<p>Egy elektroszkópot töltünk föl pl. megdörzsölt műanyag vonalzó segítségével. Kérjük meg a gyerekeket, hogy alkossanak magyarázatot arra, hogy mi okozza az elektroszkóp „viselkedését”. Kérjük meg őket, hogy próbálják magukat az elektroszkópra és a műanyagrúdra képzelni, és mondják el, mit láttak/ éreztek a kísérlet alatt.</p> <p>A magyarázatot először egyénileg készítsék el, (Ezt íráskor/rajzolják le.) Ez után ismertessék egymással egyéni elképzeléseiket, és alakítsanak ki ezek alapján olyan magyarázatot, amelyet mindenki el tud már fogadni.</p> <p>A közös modell kialakítása során segíthetjük a gyerekeket</p>	<p><u>Fel kell jegyezni:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • egyéni választásokat gyerekenként, • a vita során elhangzó érveket, • a vita egyéb jellegzetességeit, • a megalkotott közös magyarázatot,
--	---

<p>kérdésekkel. Például ilyen kérdések tehetünk fel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mi okozza azt, hogy a rúd a megdörzsölés után másképpen viselkedik, mint előtte? • Milyen változások történnek a rúdon/megdörzsölő anyagon? • Hol volt az elektromos tulajdonság „okozója” (elektron) a dörzsölés előtt? • Mi lesz vele, ha a test elveszíti elektromos állapotát? 	<ul style="list-style-type: none"> • a vitavezető által fontosnak tartott minden egyéb információt • jegyezzük föl, milyen segítő kérdéseket adtunk a csoportmunka során.
--	---

III. Iyennek képzeled el a levegőt?

A kérdés az anyag részecske szerkezetével kapcsolatos gyermeki elképzelés alakulását vizsgálja. Az eddigi beszélgetések alapján úgy látszik, hogy a gyerek anyagszerkezeti elképzelései a következő csoportokba sorolhatók:

1. Folytonos kép (folyadék-szerű, mindenütt ott van, mindenhová beszívárog, olyan, mint a víz.
2. Mazsolás kalács-modell (a folytonos anyagban sűrűsödések vannak, ezek a részecskéknek felelnek meg, de a gyerekek számára fontos a kalács-szerű, sűrű az anyag, amiben a részecskék „lebegnek”, „úsznak”.)
3. Részecskék vannak az „éterszerű” anyagban (Itt már a befoglaló anyag jelentősége csökken, teljesen ritka, alig látható.)
4. Részecske-modell (statikus, különálló részek, amelyek között nincs anyag), nem használható semmilyen magyarázatra. (Valószínűleg egy megkettőződéses stáció korpuszkuális „fele”.)
5. A részecskék között már nincsen anyag, de a részek mozgása nem jelentős, ők maguk dagadnak meg, mennek össze, ezzel magyarázzák a jelenségeket.
6. A jelenségeket az anyag golyómodelljének megfelelő tudományos elképzelésnek megfelelően, a részecskék mozgásával magyarázzák

<p>Kérdezzük meg a gyerekektől, hogy mi van egy olyan üdítőszobában, amelyből már elfogyott az üdítő? Írják föl a választ egyénileg egy papírra, de egymással ne beszéljék meg.</p> <p>Alakítsanak ki közös választ megbeszélés segítségével.</p> <p>Amikor a „levegő” elhangzik a beszélgetés során, kérdezzük meg a gyerekeket, hogy miért hiszik el azt, hogy van levegő, amikor azt nem is lehet látni? (Van-e egyáltalán a szobában levegő, mi lenne, ha nem lenne, hogy bizonyítanak be annak, aki nem hiszi el a levegő létezését, stb. Ilyen kérdésekkel lehet segíteni a beszélgetés alakulását.)</p> <p>Ez után kérjük meg a gyerekeket arra, hogy képzeljék el, hogy egy varázslat segítségével hirtelen láthatóvá válik számukra az őket körülvevő levegő. Kérjük meg őket, hogy fogalmazzák meg, hogy mit látnak! (Ha valaki le szeretné rajzolni a képzeletében megjelenő látványt, az nagyon hasznos válasz lesz.)</p> <p>A belső képek megfogalmazása során várhatóan sok nehézséggel kell számolni, de készítsük a gyerekeket arra, hogy találjanak megfelelő</p>	<p><u>Fel kell jegyezni:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • egyéni képeket gyerekenként, • a vitavezető által fontosnak tartott minden egyéb információt • levegővel kapcsolatos jelenségek gyűjtése <ul style="list-style-type: none"> • Jegyezzük föl, milyen segítő kérdéseket adtunk a csoportmunka során.
--	---

<p>kifejezéseket, használjanak hasonlatokat a leírás során. Ha például így kezdünk egy mondatot, hogy „olyannak képzelem a levegőt, mint a”, akkor a gyerekek könnyebben be tudják fejezni, kitöltik a mondat második felét a számunkra fontos belső képpel. Figyelmeztessük a gyerekeket, hogy minden egyéni elképzelés nagyon fontos a számunkra, nincsen „jó” vagy „rossz” válasz, itt valóban azokra a képekre vagyunk kíváncsiak amelyek megjelennek előttük.</p> <p>Ha a gyerekek elmondták belső képeiket, kérjük meg őket, hogy gyűjtsenek olyan jelenségeket, amelyek véleményük szerint a levegő tulajdonságaival kapcsolatosak, és érdekesnek találják.</p>	
<p>A gyerekek csoportban végezzék el a következő kísérletet: Egy 2 literes, üres üdítőszüveg szájára húzzunk egy léggömböt. Állítsuk az üveget egy tál forró vízbe, majd nézzük, meg mi történik. Kérjük meg a gyerekeket, hogy önállóan írják le mit láttak a kísérlet során. (Az üdítő palackot felváltva tehetjük hideg, illetve meleg vizet tartalmazó tálakba is.)</p> <p>Ez után beszéljük meg közösen a kísérlet során látható „eseményeket”.</p> <p>Kérjük meg a gyerekeket arra, hogy magyarázzák meg a jelenséget! Amennyiben a magyarázatban születik olyan tartalmú megfogalmazás: hogy „a meleg hatására a levegő kitágult”, akkor kérjük meg a gyerekeket, hogy próbálják meg beleképzelni magukat a palackba zárt levegő közé, és mondják el, hogy mi történik a melegítés hatására.</p> <p>A csoportban zajló beszélgetést, magyarázat alkotást segíthetjük a következő kérdésekkel is:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Van-e a levegőnek tömege, térfogata, sűrűsége? • Változott-e a palackban a levegő mennyisége? • Hogyan képzelik el a gyerekek a levegőt? • Milyen változás történik a levegővel, ha melegítjük? • Miben különbözik a „hideg” és a „meleg” levegő? 	<p><u>Fel kell jegyezni:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Egyéni megfigyeléseket, magyarázatokat gyerekenként, • ha vannak különböző megfigyelések, • a vitavezető által fontosnak tartott minden egyéb információt • jegyezzük föl, milyen segítő kérdéseket adtunk a csoportmunka során.

M16. Interjúk teljes szövege

- A, B, C, jelű szövegek csoportos interjú leírásáról szólnak
- D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, R, S, T, V, Z, A2, B2, C2, D2, E2, F2, G2 – egyéni interjúkról készült hangfelvételek teljes szövegét tartalmazzák

I. Milyennek képzeled a levegőt?**Csoportos -A** Csoportos beszélgetés (13 évesek)

- Mi van egy olyan üdítő üvegben, amelyből elfogyott az üdítő?
 - mind: levegő.
- Honnan lehet tudni? Hiszen nem látjuk?
 - belélegezzük
 - a búvároknál feljön a levegő
 - a repülők valamiben repülnek, különben leesnének
 - a szél is levegő, azt pedig érezzük
- Milyennek képzeled el a levegőt?
 - lány 1: kis pontokból áll
 - lány 2: olyan, mint a víz, de átlátszó, és annál könnyebb
 - fiú: kis pontokból áll, részecskékből, szorosan egymás mellett
- Mi van a részecskék között?

Válaszolók tanácstalanok, majd végül egymást erősítve válaszolnak: levegő, por, szennyeződések, pára.

Üres üdítőüveg szájára lufit húzunk, majd az üveget meleg vízbe állítjuk. A lufi felfújódik. Miért?

- Segítség a válaszhoz: Gondoljátok végig mi a különbség a „hideg” és a „meleg” levegő között?

-A csoport beszélgetése alapján (válaszolók nem azonosíthatók): a meleg felszáll, mert könnyebb, kitágul

Válasz az eredeti kérdésre:

- lány 1: a meleg levegő felszáll a lufiba
- fiú: a levegő kitágul, több hely kell neki, így a lufiba megy.

- Képzeljétek bele magatokat az üvegbe. Mi történe veletek, ha levegőrészecske lennétek az üvegben?

- Válasz közösen alakul ki: a részecske megduzzadna.
A meleg levegő egy része felszáll a lufiba

Csoportos -C (négy felső tagozatos lány 12-13 évesek)

- Mi van az üdítő üvegben, miután elfogyott belőle az üdítő?
 - Levegő! (gyerekek spontán, egyszerre.)
- Miből gondoljátok, hogy van benne levegő, amikor a levegőt nem is lehet látni?
 - lány 1: Azért mert mindenhol van levegő, mindent kitölt.
 - lány 2: Igen, mert a levegő körbeveszi a Földet!
- De honnan tudjátok, hogy van levegő? Hogyan bizonyítanátok be?
 - lány 3: Azt nem lehet bizonyítani, az van!
 - lány 4: Azt tanultuk, hogy a levegő van, olyan, mint az emberek, van és kész!

Többi gyerek beleszól, érvelni kezd a mellett, hogy lehet bizonyítani a levegő létezését.

 - lány 2: Onnan tudjuk, hogy van levegő, hogyha nem lenne megfulladnánk.
 - lány 4: Miért, van olyan hely, ahol megfulladsz?

- lány 2: Igen, például a vízben.
 - lány 3: De ott meg a halak élnek és nekik van levegőjük.
 - lány 1: Igen, mert a halak a vízből veszik ki az oxigént, a kopolyájukkal, mi pedig a levegőből, ami sok mindent tartalmaz, de főleg oxigént, meg nitrogént.
(Többi gyerek meglepődik (?) az előadástól vagy a tartalmától.)
 - Mit jelent az, hogy H_2O és oxigén és nitrogén és sok más?
 - lány 1: Azt, hogy ezek alkotják a levegőt és a vizet.
 - lány 2: Igen a vízben kétszer annyi hidrogén van, mint oxigén. A levegőben pedig sokkal több oxigén van, mint nitrogén. Ezért tudjuk mi a levegőt belélegezni, mert nekünk sokkal több oxigén kell, mint a halaknak.
 - lány 4: Nem, azért nem tudunk a vízben lélegezni, mert hidrogén van benne.
 - lány 1: Nem a halaknak kopolyájuk van, nekünk tüdők, Mi a levegőből vesszük ki az oxigént, a halak a vízből.
 - El tudnátok mondani, hogy hogyan néz ki a levegő és a víz?
 - lány 1: Igen a levegőben nitrogének és oxigének állnak össze molekulákká, és ezek a gömbök mozognak, repkednek és néha összeütköznek.
 - lány 2: A vízben pedig két hidrogén és két oxigén van együtt.
 - lány 1: Igen, de a víz molekulái közelebb vannak egymáshoz.
 - lány 3: Az nem lehet, ha ilyeneket innánk, megfulladnánk tőle.
 - lány 4: A levegő és a víz nem darabos!
 - lány 1: De igen!
Vita alakul ki a két párt között, megpróbálják meggyőzni egymást, de nem hangzik el a korábbiakhoz képest újabb érv.
 - És mi van a két molekula között?
 - lány 2: Levegő.
 - lány 1: Hogy lenne levegő a levegőben? Nincs közöttük semmi.
 - lány 3, 4 : Az nem lehet, kell lennie ott valaminek!
 - lány 1: Jó, lehet, hogy van ott valami, de nem levegő.
 - Van-e a levegőnek tömege, térfogata, sűrűsége?
 - lány 1: Igen van! 105 Pa a nyomás, és annál sűrűbb az anyag, minél több molekula van benne!
 - lány 2: Nem, a sűrűsége attól függ, milyen közel vannak egymáshoz a molekulák!
 - Lehet-e melegíteni a levegőt, és ha igen akkor, mi történik vele melegítés közben?
 - lány 3: Igen lehet melegíteni, és melegebb is lesz.
 - lány 1: Igen, mert a molekulák gyorsabban fognak mozogni.
 - lány 4: Nem, csak felmelegszenek.
Itt a korábbiakkal ellentétben nem alakult ki vita, mert azok a gyerekek, akik eddig érveltek, most nem tudtak érveket mondani állításuk mellet.
- Kísérlet: Üdítő palack+lufi – melegítés, lufi felfújódik. Mi fog történni? Mi az oka?
- lány 1: A levegő molekulái gyorsabban fognak mozogni a meleg miatt, így nagyobb hely kell nekik. Vagy nem? (a válaszoló annyira elbizonytalanodott, hogy nem szólalt meg újra.)

Egyéni – D (lány, 10 éves)

- Szerinted itt van levegő?
 - Igen
- Honnan tudjuk?
 - Ha nem lenne, megfulladnánk.
- Mi van a levegőben?
 - Oxigén.
- Látdod a levegőt?

- Nem.
- Most képzelj el, hogy egy varázsló hirtelen láthatóvá tette számodra a levegőt. Próbáld meg elmesélni, vagy lerajzolni, hogy mit látsz!
 - Nem tudom.
- Mondok lehetőségeket, hallgasd ezeket végig, és utána válaszd ki azt a képet, amelyik szerinted a legjobban illik a levegőre.
 - Olyan, mint a víz, a tér minden pontját egyenletesen kitöltő anyag
 - Vízszerű anyagban kisebb-nagyobb gömbök lebegnek.
 - Kis szürke részecskék ütköznek
 - Kis átlátszó golyócskák
 - Talán a negyedik.
- Szerinted a golyócskák mekkora méretűek?
 - Nagyok, de nem egyformák.
- Ezek a golyócskák ütköznek vagy elhaladnak egymás mellett?
 - Ütköznek.
- Mi lehet a golyócskák között?
 - Semmi.
- Szerinted például hogyan juthatnak el az illatok az orrunkba?
 - A golyócskák viszik.
- Szerinted mindenhol ugyanannyi levegő van?
 - Nem körülöttünk több, mert beszélünk.
- Szerinted a levegőnek van tömege?
 - Nincs.
- Miből gondolod?
 - Nem tudom.
- Hőmérséklete van?
 - Igen.
- Ezt meg tudod magyarázni ugye?
 - Igen, mert ha hideg van, akkor alacsonyabb a hőmérséklet, ha meleg, akkor magasabb.
- Szerinted, ha egy kólás üvegből kiöntöm a kólát, és visszazárom a kupakot, ott lesz az üvegben levegő?
 - Igen.
- Miért?
 - Mert a levegő mindenütt van.
- Ha teli van az üveg, és még nincs felbontva, akkor is van benne levegő?
 - Igen, csak akkor kevesebb.

Egyéni E (fiú, 11 éves)

- Szerinted itt van levegő?
 - Igen.
- Ezt honnan tudjuk?
 - Mert van virág.
- Mi van a levegőben?
 - Oxigén.
- Mihez kell nekünk az oxigén?
 - A lélegzéshez.
- Látod a levegőt?
 - Nem.
- Jó, akkor, most képzelj el, hogy egy varázslattal láthatóvá tettük a levegőt. Próbáld meg elmesélni, hogy milyennek látod a levegőt!

- Szürkének.
- Szürke és?
 - Porból és sok van belőlük.
- Szerinted mindenhol ugyanannyi levegő van?
 - Nem.
- Hol van több, hol van kevesebb?
 - Ahol több virág, vagy növény van, ott több a levegő.
- Miért?
 - Mert nekik több levegő kell. *(MJ: Mi alkalmazkodik mihez ?)*
- Van a levegőnek hőmérséklete?
 - Igen.
- Honnan tudjuk?
 - Megmérjük hőmérővel.
- És tömeg van?
 - Nem, mert azt nem tudjuk megmérni a mérlegen.
- Biztosan tudod, hogy szoktunk szellőztetni. Elmesélnéd nekem, hogy mi történik ilyenkor?
 - Bent meleg van, kint hideg, szellőztetéskor helyet cserél a két levegő.
- Akkor bent olyan hideg lesz, mint kint?
 - Nem.
- Hanem?
 - Csak kicsit hűl le a szoba.
- Ha kint meleg van érdemes szellőztetni?
 - Nem, mert akkor nem hűl le a szoba.

Egyéni F (lány 10 éves)

- Szerinted van itt levegő?
 - Igen.
- Honnan tudod?
 - Mert levegő van mindenhol.
- Mi van a levegőben?
 - Oxigén.
- Ez miért kell nekünk?
 - Mert így tudunk lélegezni.
- Látod a levegőt?
 - Nem.
- Most képzeld el, hogy egy varázsló elvarázsolja a szemed, és lehetővé teszi neked, hogy lásd a levegőt. Mit látsz?
 - Olyan, mint a szél.
- Milyen színű?
 - Fehér.
- Hogyan mozog?
 - Össze-vissza.
- Szerinted a levegőben vannak részecskék?
 - Nincsenek.
- Hol, mennyi levegő van?
 - Mindenütt ugyanannyi.
- Van a levegőnek tömege?
 - Nincs, mert nem tudjuk megmérni.
- Van a levegőnek hőmérséklete?

- Az van.
- Honnan tudjuk?
- A hőmérőről.

Egyéni G (lány, 12 éves)

- Szerinted van itt a szobában levegő?
- Igen.
- Honnan tudod?
- Mert ha nem lenne, nem tudnánk lélegezni.
- Miért, mi van a levegőben?
- Oxigén.
- Látod a levegőt?
- Nem.
- Most képzelj el, hogy egy varázsló elvarázsol, és lehetővé teszi számodra, hogy lásd a levegőt. Mit látsz?
- Semmit.
- Próbáld meg elképzelni!
- Nagy fekete sötétség, kis golyókkal.
- Mekkora ezek a golyók?
- Nagyok.
- Egyformák?
- Nem, egyik kicsi, másik nagy.
- Hogyan mozognak?
- Fel, le, utána kezdik előlről.
- Szerinted van tömege a levegőnek?
- Nincs.
- Ezt miből gondolod?
- Nem tudom megmérni mérlegen.
- És hőmérséklete?
- Az van, mert kint hideg van, bent meleg.
- Mi történik szerinted, ha szellőztetünk?
- Kimegy a meleg, és bejön a hideg. Helyet cserélnek.

Egyéni H fiú, (12 éves)

- Mi bizonyítja a levegő létezését?
- Vannak emberek, szükségük van levegőre, oxigénre ...
- Van valamilyen kézzelfogható dolog, vagy olyan szemléletes dolog, ami neked bizonyítja a levegő létezését? Pl. felfűjsz egy ... *(olvashatatlan)* benne levegő van, ilyesmire gondoltam.
- ...
- Mit csinálsz most éppen?
- Lélegzem. pl. ez is bizonyíték.
- Most képzelj egy, hogy egy varázslattal láthatóvá teszem neked a levegőt. Milyennek képzeld el? Miből állhat a levegő?
- Gázokból.
- Milyen gázokból? Többféle, vagy egyféle?

- Többféléből. 3 féléből.
- Mik azok?
- Nemesgázokból, oxigénből, meg más egyebekből.
- Milyennek képzeled el ezeket a gázokat?
 - Légneműnek.
- De miből állnak? Olyan, mint a folyadék, vagy nagyobb tömegű anyag, vagy esetleg részecskékből?
 - Részecskékből.
- Ezek picik vagy nagyok, mekkorák?
 - Picik.
- Milyen picik?
 - Nagyon picik.
- Egyformák a részecskék, vagy különbözőek? Esetleg függ attól, hogy milyen gáznak a részecskéi?
 - Egyformák.
- Szerinted mi van a részecskék között?
 - Üres hely.
- Tehát semmi? Légüres tér van?
 - Igen.
- Milyennek képzeled el például az O_2 molekulát? Hogy nézhet ki egy részecske? Téglalap (?) alakú, vagy gömb alakú?
 - Gömb alakú.
- Mit csinálnak a részecskék? Állnak, nyugalomban vannak, szaladgálnak, vagy mit csinálnak?
 - Szerintem kitöltik a teret és állandóan mennek.
- Mindenfelé, vagy csak egy irányban?
 - Mindenfelé.
- Össze-vissza?
 - Igen.
- Függ valamitől a részecskék mozgása, vagy teljesen független a körülményektől?
 - *(Válasz ismeretlen.)*
- Szerinted van valamilyen mérhető tulajdonsága a levegőnek? Tömeg, súly, hőmérséklet, nyomás, stb.
 - Nincs.
- Nincsen?
 - Nyomás.
- Nyomása van. Honnan tudod, hogy van nyomása?
 - ...
- Ha egy injekciós fecskendő nyílását befogod, be tudod nyomni a dugattyút?
 - Nem.
- Akkor szerinted van nyomása a levegőnek?
 - Igen.
- Van hőmérséklete a levegőnek?
 - Van.
- Honnan tudod, hogy van?
 - Ha meleg van a hőmérő a levegő hőmérsékletét méri, ha hideg van hidegebbet mutat.
- Térfogata van esetleg?
 - Az van.
- Hogyan képzeled el milyen a levegő térfogata? Állandó térfogata van, vagy mindig változik, vagy mitől függ?

- Változik a térfogata.
- Mitől függ szerinted?
 - Hogyha egy lufiba belefújunk, akkor gömb alakú lesz.
- A levegőnek van esetleg súlya?
 - Szerintem nincs.
- Sűrűsége?
 - Az van.
- Mitől függ az, hogy a levegő sűrűsége mekkora? Esetleg a hőmérséklettől? A melegebb vagy a hidegebb levegőnek nagyobb a sűrűsége, vagy esetleg mindig egyforma?
 - Szerintem mindig egyforma.
- Ha egy hideg és egy meleg szoba között kinyitod az ajtót mi történik a két szobában lévő levegővel?
 - Összekeverednek.
- Hogyan képzeled el ezt a keveredést?
 - ...
- Esetleg ahol melegebb, vagy ahol hidegebb a levegő valamelyik részen kevesebb részecske van, vagy miben különbözik a hideg és a meleg levegő?
 - Szerintem egyforma számú részecske van.
- Akkor hogyan képzeled a keveredést?
 - ...
- Szerinted mi a szél? Hogyan képzeled el a szelet? Mi az? Levegő, anyag, vagy mi lehet?
 - Levegő.
- Milyen levegő?
 - Nem tudom.

Egyéni I (fiú, 12 éves)

- Az első kérdésem, hogy mi bizonyítja a levegő létezését?
 - Szerintem az bizonyítja, hogy tudunk levegőt venni, fel tudjuk fújni a lufit, vagy a bicikli kerekét.
- Képzeld el, hogy egy varázslattal láthatóvá teszem számodra a levegőt. Milyennek látod?
 - Kéknek.
- Egyneműnek? Szilárdnak, folyékonynak?
 - Folyékonynak.
- Vízszerű, vagy ködszerű anyagból épül fel?
 - Ködszerű.
- Egynemű, vagy esetleg részecskékből áll? Miből állhat?
 - Egynemű.
- Szerinted van valami a levegőben?
 - Oxigén.
- Csak O_2 -ből áll, vagy esetleg másból is?
 - Másból is, pl. nemesgázok.
- Szerinted van a levegőnek mérhető tulajdonsága? Pl. súlya?
 - Van, pl. CO_2 tartalma.
- És tömege? Például neked is van tömeged!
 - Nincsen.
- És sűrűsége?
 - Az van.
- Ezt mi bizonyítja?
 - Össze lehet nyomni, és szét is lehet húzni valamennyire.

- A hideg, vagy a meleg levegő a sűrűbb?
 - Nem tudom.
- Van-e hőmérsékletet?
 - Van. Van, amikor hidegebb, van a mikor melegebb.
- Esetleg meg lehet mérni valamivel?
 - Hőmérővel.
- Nyomása van a levegőnek?
 - Nyomása, hát nem tudom.
- Szokták az időjárás jelentésben mondani, például a híradó után. Szoktak nézni a híradót?
 - Szoktam. ...
- Szerinted van nyomása vagy nincsen?
 - Nincsen.
- Szerinted miért melegszik fel a levegő, és miért hűlhet le?
 - A napsugárzástól. A csapadék lehull, le tud hűlni valamennyire, és a nap felmelegíti.
- Mi történik, ha van két különböző hőmérsékletű szoba, az egyikben hideg levegő van a másikban meleg. Mi történik, ha kinyitom közöttük az ajtót?
 - Hát nem tudom biztosan, de szerintem összekeverednek és egy hőmérsékleten lesznek.
- Ugyanaz lesz mind a két szobában a hőmérséklet?
 - Igen.
- Ugyanaz lesz a részecskeszám, vagy az egyik helyen több lesz, a másikon kevesebb?
 - Az egyikben több lesz, a másikban kevesebb.
- Ez a hőmérséklettől függhet, vagy mitől függhet?
 - Hőmérséklettől.
- Ahol melegebb van, vagy ahol hidegebb van ott lesz a több?
 - Ahol melegebb van.
- Ott lesz több?
 - Nem biztos, de ...
- Nem biztos, de szerinted így lesz?
 - Nem biztos, hogy így lesz, Szerintem van, ahol több, van ahol kevesebb. Szerintem így lesz.
- Szerinted mi a szél?
 - Szél? A levegő mozgása.
- Ugyanaz a levegő a szélben, mint ebben a szobában?
 - Igen.
- Mi mozgatja a szelet?
 - Szél.
- Mondtad, hogy a levegőt ilyen folyadéknak, vagy ködszerű valaminek képzeled el. Úgy képzeled el, mint a vizet? Csak kék színűnek?
 - Olyasmi, igen.
- A részecskék között akkor szerinted folyadék van?
 - Igen.

J Egyéni (fiú, 12 éves)

- Mi bizonyítja a levegő létezését?
 - Hogy az ember lélegzik.
- Tudsz még más példát is mondani rá?
 - Fúj a szél, a lufit fel lehet fújni.

- Ha egy varázslattal láthatóvá teszem neked a levegőt, akkor milyennek képzeled el?
 - Részecske szerkezetűnek.
- Milyen részecskékből állhat? Kicsi vagy nagy?
 - Kicsi.
- Nagyon kicsik? Láthatóak vagy nem?
 - Ha láthatóvá teszed, akkor láthatóak!
- De mekkorák? A gombostűfejhez képest kicsik, vagy nagyok?
 - Kicsik.
- Miből állnak ezek a részecskék?
 - N_2 , O_2 és egyéb anyagok.
- Van a részecskék között valami? Vagy légüres tér? Vagy üres?
 - Nincs.
- Mozognak ezek a részecskék, vagy állnak? Vagy mit csinálnak?
 - Mozognak.
- Van valami oka annak, hogy mozognak?
 - Egy másnak nekipattannak.
- Össze vissza, vagy meghatározott irány szerint?
 - Össze vissza.
- Van a levegőnek valamilyen mérhető tulajdonsága? Például tömege, vagy súlya?
 - Nincsen.
- Van-e hőmérséklete?
 - Az van.
- Honnan tudod, hogy van hőmérséklete?
 - Hőmérővel megmértem.
- Van nyomása?
 - Van.
- Szoktad nézni a TV-ben az időjárás jelentést?
 - Szoktam.
- Abban szokott lenni valami ...
 - Magas légnyomású felemelkedik, alá a hidegebb kerül.
- Esetleg valami másról is rá tudsz jönni, hogy a levegőnek van nyomása?
 - Fúj a szél.
- Ha egy injekciós fecskendő nyílását befogom, össze tudom nyomni a fecskendőt? (*értsd: be tudom nyomni a dugattyút*)
- Nem.
 - Van-e térfogata levegőnek?
- Van, ... ő ... Nincs.
- Ha nincs térfogata, akkor itt a szobában milyen lehet a levegő?
 - ...
- Tehát van sűrűsége?
 - Az egésznek van. Az összes helyet kitölti.
- Egy ekkora dobozban (*kézkrémes dobozra mutat*) elférne a szobában lévő összes levegő?
 - Nem.
- Nagyobba, vagy mekkorába férne el a szobai levegő?
 - Összenyomhatók, a részecskék egymástól távol helyezkednek el.
- Van valami közülük egymáshoz?
 - Van.
- Tehát úgy, mint például a víz, vagy a szilárd testek részecskéi?
 - Ja úgy. Különböző halmazállapotúak.
- Ugyanolyan egy O_2 és egy N_2 molekula?
 - Nem.

- Mi történik, ha van két azonos nagyságú szoba, az egyik hideg, a másik meleg, és kinyitom közöttük az ajtót?
 - Huzat lesz.
- De nincsen ablak nyitva. Csak két egyszerű szoba, különböző hőmérséklettel. Ha kinyitom közöttük az ajtót, mi történik a hőmérséklettel?
 - A meleg hőmérsékletű szobában lehűl a hőmérséklet, a hidegben meg felmelegszik.
- Melyikben lesz melegebb, és melyikben lesz hidegebb?
 - Ugyanolyan.
- Egyik helyen több részecske lesz, vagy kevesebb? Esetleg ugyanolyan lesz a részecskék száma?
 - Ugyanolyan.
- Szerinted melyik sűrűbb, a hideg, vagy a meleg levegő?
 - A meleg levegő a sűrűbb.
- Szerinted mi a szél? Hogyan képzeled el a szelet?
 - Hideg és meleg levegő körforgása.
- A szélben lévő levegő ugyanaz, mint ami itt van, vagy teljesen más?
 - Ugyanaz.
- Azok a részecskék (*a szélben*) is ugyanolyan mozgást végeznek, mint itt, vagy van egy meghatározott irányú mozgás?
 - Van egy meghatározott irányuk.
- Valami kiváltja, vagy csak úgy jön magától?
 - Például, ha egy helyen csak meleg van, mint az Egyenlítőnél, akkor ott meleg levegő van, s akkor ott folyamatosan szeles az idő.
- Tehát mert ott sok a meleg levegő, azért szeles?
 - Igen. A meleg levegő felemelkedik, a helyére hideg jön, és ez a szél.
- De akkor ezek szerint van ott hideg levegő is, nemcsak meleg.
 - Hát igen, kell lennie.
- S akkor e miatt van a szél.

K egyéni (fiú, 12 éves)

- Mi bizonyítja a levegő létezését?
 - Szerintem a növények biztosítják.
- ...
- Felveszik a vizet, ...
 - Igen, de mi bizonyítja a létezését? Hogy nem halunk meg, tudunk lélegezni, stb.
- ...
- ...
- Képzeld el, hogy varázslattal láthatóvá teszem számodra a levegőt. Mondd el, hogy milyennek látod?
 - Gáznak.
- A gáz az micsoda?
 - Kis részecskékből áll.
- Mit csinálnak a részecskék?
 - Rezegnek.
- Egy helyben, vagy össze-vissza szaladgálnak?
 - Hát össze-vissza mehetnek. Akárhová mehetnek úgy a térben.
- Miből állhat a levegő? Mondtad, hogy gázból. Többféle gázból, vagy egyféléből?
 - Egyféléből.
- Például oxigénből?

- Nem akkor többféléből. CO₂, O₂, N₂, szóval sokféle gázból áll.
- Szerinted mi lehet a részecskék között? Van köztük valami?
 - Hát ... van.
- Milyennek képzeled el?
 - ...
- A részecskék össze-vissza mozognak, Meghatározott mozgásuk van, van annak valami oka, hogy össze-vissza mennek?
 - Nincs.
- Szabálytalanul „rohagnak”?
 - Igen.
- Szerinted van a levegőnek valamilyen mérhető tulajdonsága? Például tömeg, sűrűség, térfogat?
 - Nincs.
- Szerinted miért nincs?
 - Hát ...
- Van nyomása a levegőnek?
 - Van. Például ha pumpálsz a kereket, akkor gáz, levegő jut be.
- Van sűrűsége esetleg? Van amikor sűrűbb, vagy esetleg ritkább a levegő?
 - Szerintem nincs sűrűsége.
- Ha a levegőnek csak nyomása és térfogata van, akkor miért melegszik fel a levegő? Van valamilyen oka esetleg?
 - Nincs.
- Jön valami és ezért melegszik föl a levegő?
 - Amikor forralunk valamit a pára felmelegszik, a levegő ezt felszívja.
- Tehát a levegőnek van valamilyen szerepe?
 - Igen.
- Ha anyukád főz valami a konyhában, annak az illatát a szobában is érezni lehet. Ez szerinted hogy lehet?
 - A levegő elviszi.
- Hogy viszi el?
 - Betölti a teret, s így vonzza.
- A részecskék között vonzás van? Egymásnak átadják, vagy hogyan gondoltad?
 - Igen átadják.
- Mi van akkor, ha van egy meleg és egy hideg szoba és közöttük kinyitjuk az elválasztó ajtót?
 - Hát a meleg és a hideg levegő kijön, betölti a másikat, helyet cserélnek.
- Miért?
 - *A hideg részecskék rezegnek, a melegek mozognak. Amikor összejönnek, ott maradnak, nem tudnak átmenni.(???? Érdekes kép, még máshol nem találkoztam vele.)*
- Hogyan lehet az, hogy az egyik rezeg, a másik mozog?
 - ... A hideg meg tud állni.
- A hideg marad egyhelyben, a meleg mehet ide-oda?
 - Igen.
- Mi lesz akkor egy idő után a végső hőmérséklet? Az egyik szobában hideg lesz a másikban meleg?
 - Igen.
- Szerinted mi a szél?
 - Az időjárás egyik legfontosabb eleme. A levegő, amikor gyorsabban megy.
- Mi az oka annak, hogy gyorsabban megy?

- Hát a páratartalom.
- Tehát a páratartalom az oka. Van, amikor lengedezik, van, amikor iszonyatosan fúj. Van valamilyen fizikai oka annak, hogy ilyen a levegő?
- Nincs.

L Egyéni (11 éves fiú)

- Szerinted mi van a levegőben?
 - CO_2 , O_2 , és egyéb.
- Mi az az egyéb?
 - Kocsik füstje, dezodor, és más szennyezés.
- És ezek hogy néznek ki?
 - Kis molekulák.
- Milyen alakjuk van?
 - Semmilyen, mert olyan kicsik.
- És ha lenne alakjuk, akkor milyen lenne?
 - Felnagyítjuk ezeket a molekulákat, akkor mit látsz?
 - (Rajz,) megjegyzés: gyorsan mozognak.
- Hová?
 - A CO_2 -k mennek a fákhöz, az O_2 -k meg mennek hozzánk.
- Miért jönnek hozzánk?
 - Mert nekünk kell az O_2 , mert ha nem lenne, megfájdulna a fejünk és meghalnánk.
- Ha lenne két ugyanolyan poharunk, és megtöltenénk őket vízzel, az egyiket a sütőbe, a másikat a hűtőbe tennénk, akkor mi történne velük.
 - (Hosszú gondolkodás után) Más lenne a hőmérsékletük.
- Miért?
 - Mert a sütőben és a hűtőben átváltozna a víz, és a másmilyen víznek más a hőmérséklete.
- És ha hagynánk őket a konyhaasztalon?
 - Akkor visszaváltoznának.

M Egyéni (12 éves fiú)

- Mi van a levegőben?
 - Gázok.
- Milyen gázok?
 - CO_2 , CO , O_2 , nitrogén-oxid, szmog. (A kérdező le akarta írni a gázok nevét, de a gyerek szólt neki, hogy csak a jelüket írja.)
- Hogy nézhetnek ki ezek a gázok?
 - Olyan „trutyik”, amik szét vannak terülve a levegőben.
- Mit csinálnak ezek a levegőben?
 - Lebegnek.
- Szerinted mozognak is?
 - Nem csak lebegnek, és mindenhol vannak „trutyik”.
- Szerinted, ha valaki dohányzik, akkor miért lehet ezt tőle távol is érezni?
 - Tényleg! Akkor mozognak!
- Mindig?
 - Amikor csak tudnak mozogni.
- Hogy néznek ki? Mik vannak a „trutyik” között?
 - Levegő molekulák, és felhők.
- Szerinted mi lesz ezekkel a „trutyikkal”?
 - Belélegezzük és szervezetünk csinál vele valamit, és átalakítja O_2 -vé.

- Szerinted miért van az, hogy a levegő egyszer meleg, egyszer hideg?

- Mert a Nap felmelegíti a levegőt, a szél meg lehűti.

(A gyerek a gázos vizsgálofeladat képei közül a folytonos, felül elhelyezkedő képet választja. Magyarázat: a levegő egy része kiment, a többi is ki akar menni, ezért fönt várakozik.)

N Egyéni (12 éves fiú)

- Miből áll szerinted a levegő?

- Oxigén és CO₂.

- Ez a kettő?

- Igen.

- És hogy nézhetnek ki, ha felnagyítnánk, akkor milyennek látnánk?

- Pára alakúak lennének.

- Az milyen?

- Kicsi vízcseppek.

- Szerinted ezek hogyan helyezkednek el a levegőben?

- Lebegnek, és állandóan mozognak.

- Mik lehetnek közöttük?

- Levegő.

- De az előbb azt mondtad, hogy a levegő ezekből áll.

- Tényleg. Akkor semmi sincs közöttük.

(A gázok szerkezetét vizsgáló ábrasorból azt választotta, amikor a palack felső részében marad a levegő a gáz felének kiengedése után.)

- De az előbb azt mondtad, hogy mozognak!

- Igen, de az üres helyre nem tudnak mozogni! - De, ...

- Szerinted miért van az, hogy a levegő lehet hideg is és meleg is?

- Mert mindig változik.

- Hogy érted ezt?

- Amikor melegszik, akkor meleget vesz föl, és több energiája lesz, és ezt a több energiát érezzük melegnek.

- És amikor hidegnek érezzük?

- Akkor hideget vesz föl, és akkor kevesebb lesz az energiája.

Egyéni P (fiú, 8 éves)

- Szerinted mi van itt? Ami körülötted van? Ez mi?

- Levegő.

- Levegő? Tudod, hogy levegő? Nagyon okos vagy!

- Meg szél.

- Meg szél? És az két különböző dolog?

- Hát ...,igen. Mert a szél, az valamikor tud lenni hurrikán is, amikor nagyon erősen fúj. S a levegő, az nem tud lenni hurrikán.

- Értem. Most csukd be a szemed, s képzelj el, hogy itt van egy varázsló... De tényleg csukd be a szemed! És ez a varázsló elvarázsol téged. S olyan varázslatot alkalmazott, hogy látod, hogy milyen a levegő.

- Mint hogyha Darth Vader leszúrna?

- Nem, nem szúr le Darth Vader! Ő egy varázsló. Azt mondja, hogy „Csiribi-csiribá! Kristóf,

- most látod a levegőt.” És milyennek látod?
- Átlátszónak.
 - Átlátszónak?
 - Aha.
 - Le tudod rajzolni, hogy még mit látsz? Most már kinyithatod a szemedet. Gyere ide, és most próbáld meg lerajzolni, hogy milyennek láttad a levegőt! Itt van egy csomó színes ceruza.
 - A levegőt?
 - Aha, amikor becsuktad a szemedet, és elvarázsolt voltál.
 - Hú! Ilyen átlátszónak. Az átlátszót nem nagyon tudom. Átlátszót?
 - De ez olyan, mint hogyha víz lenne?
 - Nem.
 - Hanem?
 - Nem, mert nem nedves.
 - De, hogy most folytonos anyag, egyenletesen tölti ki ezt a szobát? Vagy milyen?
 - Ilyen levegőszerű.
 - Vagy pedig olyan, hogy vannak benne olyan részek, ahol több valami van, valahol kevesebb valami? Vagy mindenhol ugyanannyi valami van?
 - Hát...Ő...Nem... A levegő, az egyébként ilyen, ilyen szélszerű. És a levegő, az tud meleg lenni, mint a vulkán, vagy a meteorit. Vagy tűzhányó. A levegő, az tud hideg is lenni, meleg is, langyos is.
 - De van benne valami olyan, hogy valahol kevesebb valami van, valahol több? Vagy mindenhol ugyan olyan? Vagy nem lehet benne semmit sem látni?
 - Nem lehet benne semmit sem látni.
 - Semmit se?
 - Semmit se.
 - Csak olyan, mintha víz lenne, de nem nedves?
 - Igen, olyan, mint a víz, csak nem nedves. Meg nem is lehet megfogni.
 - OK. Egyébként elárulom, hogy a levegő kicsi, apró részecskékből épül fel. Nem olyan, mint a víz, és részecskék között nincs semmi.
 - Miért, az űrben is van levegő?
 - Az űrről majd egy kicsit máskor beszélgetünk. Ezt csináljuk meg, és aztán majd utána beszélgetünk róla. OK?
 - J ó.
 - Még azt szeretném kérdezni tőled, hogy ennek a levegőnek, ami körülöttünk van, van tömege? Meg lehet mérni mérleggel?
 - Nem.
 - Nem? És hőmérséklete?
 - Attól függ, hogy milyen idő van. Vagy attól függ, hogy begyűjtss-e, meg attól függ, hogy milyen meleg van.
 - De van neki hőmérséklete, vagy nincs?
 - Van.
 - Van? Szerintem is van. Most nézzük meg azt a flakont! Idehozom. Megnézzük, hogy hátha történt már vele valami ennyi idő alatt valami. Remélem.
 - Jó.
 - Erre még egy kicsit várni kell.
 - Miért? Vannak benne jégkockák?
 - Nem, nincsenek.
 - És jégdarabok sincsenek?
 - Nem, nem.....(Várunk.)
- Nézd! A flakonnak behorpadt az oldala. Vajon mi történhetett?

- Túl hideg volt, túl hideg volt a fagyasztó és ezért az ilyen hidegtől behorpasztotta. Mint egy jégmeteorit.
- De mi történhetett a flakon belsejében?
 - A víz meghidegedett.
- Lehült. Igen?
 - Lehült, és így valamitől így behorpadt.
- De mitől? Én pont erre vagyok kíváncsi, hogy szerinted mitől.
 - A víz...
- Igen?
 - A víz, gondolom, így feljebb borult a flakon, és akkor így a víz, így akkor a víz is a másik oldalra borult.
- Nem, mert tele volt a flakon vízzel. Majdnem tele volt.
 - Akkor meg úgy, hogy a jég behorpasztotta az üveget.
- Más ötlet?
 - Úgy, hogy a víz...
- És ha nem a fagyasztóba tettük volna be, hanem a hűtőbe? Akkor, ha nagyon sokat vártunk volna, akkor is behorpadt volna az oldala. A hűtőben nincs jég. Akkor az mitől lehetne?
 - Úgy hogyha, úgy hogy, hogy ha túl sokáig van nagyon hidegen, vagy borzasztó melegen, sivatagban, vagy az Északi-sarkon, vagy a Déli-sarkon ilyen székek például, vagy üveg, akkor túl sokáig van ott, és akkor így valamitől így szétesik.
- De szerinted mi az a valami?
 - Hogy ha a hőmérséklet... Így a hőmérséklet, túl hideg van, vagy túl meleg, és így szétizéli valamitől, mert már nem bírja ki a tárgy, azaz a tulajdonos tárgy, és akkor így széttörik.
- Nagyon-nagyon szépen köszönöm a segítséget. Szia!
- Szia!

Egyéni fiú R (12 éves)

- Szerinted mi van itt körülöttünk?
 - Levegő,...tér.
- Levegő. Csináld azt, hogy becsukod a szemedet, és elképzeled, hogy itt van egy varázsló, aki, elvarázsol téged! És olyan varázslatot mond, ami után látod azt a levegőt. Csukd be a szemedet, és akkor képzeld el! S mit látsz, amikor a varázsló elvarázsol?
 - Sötétséget.
- A levegőt sötétnek látod? Most azt képzeljük, hogy elvarázsooltak!
 - Varázsolj el!
- De én nem vagyok varázsló, nem tudlak elvarázsolni!
 - Hát, kék a levegő.
- Kék?
 - Igen.
- Mondok néhány leírást. OK? Mit gondolsz? Egyenletes, vagy gomolygó, vagy olyan, mint a víz? Vagy folyadékszerű, de annál sokkal lazább, amiben vannak sűrűbb, vagy ritkább helyek. Esetleg folyadékszerű, amiben bizonyos részecskék vannak, lebegnek, mozognak? Szerinted?
 - Amiben bizonyos részecskék vannak, melyek lebegnek, mozognak.
- Le tudnád nekem rajzolni? Van itt egy papír...Hogy mit gondolsz. Meg egy csomó színes ceruza. Tényleg rajzolj le! Elég, hogyha csak egy kis részét lerajzolod. (Rajz)-És ez így milyen? Alatta is van, meg felette, meg mellette is?

- Igen.
- És mindenhol ugyanúgy néz ki?
 - Hát, valamikor így begömbül.
- Például, itt van egy doboz. Ilyen picike. Vagy inkább ezt vesszük itt, amiben már rajzoltál. Csak ebben rajzold meg!
 - Jó... És tele van az egész.
- És milyen távolságra vannak ezek a golyók, szerinted? Egymáshoz viszonyítva.
 - Hát...
- Például, itt van ez a távolság, meg ez a távolság. Melyik a nagyobb, vagy egyforma?
 - Nem. Egyforma távolság, de mindegyik nagyon kevés távolság.
- Jó. És mit gondolsz, mi van itt a részecskék között?
 - Összekötődnek szerintem.
- Még sincs?
 - Nincs távolság, hanem inkább összekötődnek. Így!
- Elárulom, hogy a részecskék között semmi sincs. Csak a részecskék vannak.
 - Nincs? Akkor jól mondtam.
- Most beszéljünk a levegő tulajdonságairól! Szerinted, van a levegőnek tömege?
 - Van.
- És hőmérséklete?
 - Van.
- Most csináljunk még egy kísérletet! A beszélgetés elején betettem egy flakont, ami vízzel van tele, a hűtőbe, és nézzük meg, hogy mi történt vele? A flakon be van horpadva. Vajon mi történt?
 - Ugye a hűtőben volt?
- Igen, azt mondtam, hogy a hűtőben volt. Onnan hoztam ki.
 - Akkor befagyott.
- De nincs benne jég, csak nagyon lehült.
 - A nyomás hatására a víz behorpasztotta az üveget.
- Milyen nyomás hatására?
 - A levegőnek a nyomása hatására.
- És hol van ez a levegő?
 - A flakonban.
- És ha a flakonban nincs levegő?
 - De van benne, mert amikor letekertük az üveget, belement a levegő.
- De nem tekertük le. Kupak van rajta. Látod? Tele van vízzel, rá van tekerve a kupak, és be van horpadva az oldala.
 - Akkor szerintem a túl hidegtől.
- De miért? A hidegtől miért?
 - Azért mert a víz egyre... Vagyis, hogy a víz egyre kisebbedik, és ezért.

Egyéni S (lány, 12 éves)

- Mi van itt körülöttünk?
 - Levegő.
- Levegő. Nagyon ügyes vagy! És most képzelj el, hogy.... Csukd be a szemed, és képzelj el, hogy jön egy varázsló, aki azt mondja, hogy: „Csiribí-csiribá most látni fogod, hogy milyen a levegő!” Na, és milyennek látod?
 - Nem látom, mert nem lehet látni a levegőt.
- Próbáld elképzelni, hogy milyen lehet! Mondok most is lehetséges válaszokat. Jó? Amikkel segíték. Lehet olyan, hogy egyenletesen kitölti a szobát, vagy gomolygó, ködhöz hasonló, vagy hasonlít a vízhez, vagy folyadékszerű, de sokkal lazább, amiben vannak

sűrűbb, és ritkább helyek, vagy pedig folyadékszerű, amiben bizonyos részecskék úsznak, lebegnek, mozognak. Szerinted?

-A ködhez hasonló.

-A ködhez hasonló?

- Igen. De elárulom, hogy a levegő kis apó részecskékből áll.

- És mit gondolsz, mik vannak ezek között, a részecskék között?

- Oxigén.

- A levegőben van oxigén, de mindenféle más gázokból is áll, vagy kis részecskékből. De képzelj el, hogy ezek között a kis részecskék között nincsen semmi. Csak ezek a kis icipici részecskék vannak. OK! Szerinted van a levegőnek tömege? Tudod, mi az a tömeg? Tanultátok már?

- Igen, tanultuk.

- Mérleggel meg lehet mérni.

- Hát...

- Akkor mondjuk, van egy hatalmas focilabdánk, és először nincs felfújva. És ha fel van fújva, akkor egyformát mutat-e a mérleg, vagy sem?

- Hát..., szerintem van is, meg nincs is tömege. Van légnyomás. Meg mondjuk, hogyha úgy képzeljük el, hogy ha az üvegbe bezárunk levegőt, akkor annak nincs súlya.

- Értem. És a levegőnek szerinted, van hőmérséklete?

- Hát, van.

- És tudnál rá valami példát mondani, ami ezt bizonyítja?

- Nem tudom, hogy ez jó lesz-e, de szerintem ... amikor a nap süt, meleg van ...

- Nagyon-nagyon jó. Szóval itt van ez a flakon, amit betettem a hűtőbe, és ezáltal lehűlt. És mit veszel rajta észre? Milyen furcsa dolgot?

- Hogy itt behorpad.

- Igen, és ez nem volt ilyen mielőtt betettem a hűtőbe. Szerinted ez miért lehetséges, hogy így behorpadt?

- Hát, vagy a levegő légnyomásától...

- Bent volt a hűtőben, mondjuk ott is van levegő, ez igaz.

- Vagy a víz....

- Víz mitől?

-A víz súlyától.

-A víz súlyától, ami benne van? Attól nyomódott be?

- Igen.

-Jól van. Nagyon szépen köszönöm a segítségedet. Szia!

- Csókolom!

Egyéni, T (fiú, 12 éves)

- Szerinted, mi van itt körülöttünk?

- Oxigén, levegő.

- Mit gondolsz, vajon ez a kettő ugyanaz, vagy nem?

-A kettő az ugyanaz.

- Ugyanaz? És most képzelj el, hogy van egy varázsló...Csukd be a szemed! Van egy varázsló, és elvarázsol. És olyan varázsigét mond, ami után Te látod, hogy milyen a levegő. Meséld el nekem, hogy milyennek látod, milyennek képzeld el! Ha gondold le is rajzolhatod. Van papír, meg színes ceruza. Elmeséled, vagy inkább lerajzolod?

- Elmesélem.

- Jó.

- Ilyen, molekulaszzerűségnek képzelem el.
- Mit értesz molekulának?
 - Pici részecskéket.
- És hogy vannak ezek a részecskék? Mindenütt ott vannak, vagy vannak olyan részek ahol csoportokat képeznek? Vagy lehet, hogy sokan vannak, vagy lehet, hogy kevesen?
 - Hol kevesebben vannak, hol többen.
- És mik vannak a molekulák között? A részecskék között?
 - Hát, levegő.
- De hát azt mondtad, hogy a levegő, az kis részecskékből áll. És akkor maga a levegő között is levegő van?
 - Nem. A kis részecskék a levegő.
- Igen. De mi van a kis részecskék között?
 - ... Nem tudom.
- Fogós kérdés? Elárulom: semmi. A levegő kis részecskékből áll, de a részecskék között nincs semmi. Tudod mi az a tömeg? Tanultatok már róla?
 - Igen.
- Szerinted a levegőnek van tömege?
 - Van.
- És valamivel ezt be tudnád bizonyítani?
 - ... Mondjuk ez olyan, mint a gáz, aminek.... amiben adják, ilyen fémpalack... abba raknék, megmérném a fémpalackot, aztán levegővel megtölteném, mondjuk sűrűbb ... levegővel, és úgy megnézném.
- Aztán rátennéd a mérlegre a levegővel?
 - Igen.
- Ez egy nagyon jó ötlet. És szerinted a levegőnek van hőmérséklete?
 - Nincs. A Nap melegíti fel a földet, és az visszaveri, és ez melegíti fel a levegőt.
- Most pedig itt van egy palack, és amit mielőtt jöttetek betettem a hűtőbe. S most mit lehet rajta észrevenni?
 - Azt, hogy ...ö...horpadt.
- És mit gondolsz, mitől lett ez a horpadás?
 - Ahogy hűlt a víz kintebb engedte a levegőt, mert a vízben levegő, meg nem tudom, hogy mi van. És mintha elpárologna belőle a levegő.
- Úgy gondolod, hogy a kupakon keresztül elpárolgott?
 - Nem, hanem a hőhatás miatt. A melegben a víz kitágul, kevésbé tartalmaz levegőt,
 - s akkor felment benne a nyomás. A hidegben meg leenged.
- S ez is valami ilyesmi?
 - Igen.
- Hát, akkor köszönöm szépen!
 - Nincs mit.
- Szia!

Egyéni V (lány 12 éves)

- Akkor most beszéljessünk egy kicsit a levegőről. Tudnál-e valami olyan jelenséget mondani, ami bizonyítja számodra, hogy van ez a levegő?
 - Most éppen nem jut eszembe, de gondolkozok. Mondjuk a szél is valamilyen levegő végül is.
- Esetleg tudsz még valamilyet?
 - Hát nem tudom.

Hogyha láthatóvá tennék számodra ezt a levegőt, akkor hogyan képelnéd el?

- Hát ő, olyan, olyan piros valami, olyan hullámzó ízének. –
- Le tudnád esetleg rajzolni?
- Igen.
- Szerinted, ez mozog mindig, vagy kell valami, ami mozgatja?
- Szerintem, kell valami, ami mozgassa. Mondjuk a szél, vagy a , hogy mondjuk az emberek is belélegzik akkor így kimegy, meg bemeget, meg a fák is tisztítják, és akkor az is úgy bemeget, meg kimegy. Valami ilyesminek.
- Szerinted, van a levegőnek valami mérhető tulajdonsága?
- Hogy értve mérhető?
- Hogy valamivel le tudod mérni. Például hőmérséklet, tömeg sűrűség, nyomás.
- Ja hogyha meleg van, akkor a hőmérővel is meg lehet, meg ha hideg van, akkor is a hőmérővel meg lehet, meg mondjuk, úgy érezzük is magunkon, hogy hidegebb van, vagy melegebb. Meg ha mondjuk, mondjuk egy teremben sokan, vannak, és hogy, hogy be vannak zárva akkor mindenki, úgy beszívja a levegőt és akkor egyre sűrűbb lesz, és akkor már nem lehet több levegőt bevenni, akkor az esetleg elfogy.
- Tömege szerinted, van a levegőnek?
- Hát szerintem nincs.
- Szerinted mi történik akkor, ha mondjuk egy 20C°-os szobát összenyitunk egy 50C°-os szobával? Akkor mi történik a 20C°- os levegőjével?
- Meleg lesz.
- Szerinted mi a szél?
- Hú, ezt tanultuk. Hát ő, az is valami levegő, de az mozog is. Van, amikor csak kicsit fúj, de van, amikor nagyon is szokott fújni. De tanultuk mi ezt, csak éppen nem jut most eszembe.

Egyéni X (fiú, 12 éves)

- Most a levegőről beszéljünk egy kicsit.
- A levegő az légtömegeket szállít. Légtömegeket szállít, és a, na az óceánok és a tengerek felől nyáron hűvösebb szelet hoz, télen pedig meleg légáramlatot. És például van a radiátor, ami keringeti a levegőt, mert a meleg fölmeleg, a hideg pedig lejön.
- Hogy képelnéd el a levegőt, ha láthatóvá tennék? Szerinted hogy néz ki? Gondolj bele. Becsukod a szemed és látod.
- Nem, nem tudom. Nincs elképzelésem.
- Mihez hasonlít? Olyasmi, mint a víz, vagy ilyen kis gömböcskéknek képzeld?
- Inkább ilyen gömböcskék, mert a levegőben terjengnek ilyen gázgömbök is.
- A gömböcskék között van valami?
- Hát, ő lökdösik egyfolytában egymást.
- Tehát mindig mozognak. Szerinted hogy mozognak? Milyen pályán?
- Hát így egyenesen lökdösik egymást.
- Egy ilyen gömböcskéknek le tudnád esetleg rajzolni a pályáját, hogy képzeld el?
- Igen. Van kék, van piros.
- Szerinted, van valamilyen mérhető tulajdonsága a levegőnek?
- A légnyomás. És, még amikor fúj a szél, akkor.
- Szerinted mi a szél?
- Hát a szél, a szél szállítja a légtömegeket, az határozza meg még az időjárást is.
- Van még hőmérséklete is esetleg a levegőnek?
- Igen. A nap felmelegíti a levegőt, és az alapján.
- Szerinted mi történik, ha mondjuk egy 20C°-os szobát összenyitunk egy 50C°-sal?

- Akkor egybeáramlik a kettőnek a hőmérséklete, és hőmérsékletváltozás történik.
- Kb. milyen mértékű?
 - Olyan 30C° körüli.

Egyéni A2 (lány 11 éves)

- Akkor most beszéljessünk a levegőről egy kicsit. Tudsz-e valami jelenséget, amiből tudod, hogy van levegő?
 - Például a növények használják.
- Hogy képzelned el a levegőt, ha láthatóvá tennék számodra?
 - Ilyen hullám, olyan, mint a víz.
- És vannak benne valamik, vagy ilyen folytonos?
 - Ilyen folytonos valami, és ilyen kis pöttyök is vannak benne.
- És mozognak ezek a pöttyök?
 - Igen.
- És hogy mozognak?
 - Hát amerre fújja őket a szél.
- Tehát akkor kell valami, ami mozgassa, akkor mozog csak a levegő, vagy egyébként is mozog?
 - Egyébként is.
- És szerinted mi a szél?
 - A hideglevegő, meg a meleg levegő, amikor így összeütkezik.

Egyéni B2 (fiú, 12 éves)

- Beszéljessünk a levegőről. Tudsz-e valami olyan jelenséget, ami bizonyítja, hogy van levegő?
 - Élünk.
 - Ha láthatóvá tennék számodra a levegőt, akkor hogyan képzelned el?
 - Olyan, mint a köd.
 - És folytonos, vagy inkább ilyen szemcsés?
 - Inkább ilyen kis apró.
 - Van a szemcsék közt valami?
 - Nincs.
 - Szerinted, mozog, vagy kell valami, ami mozgatja?
 - Szerintem, kell valami, hogy mozogjon.
 - Hogyan mozog?
 - Egyenesen.
 - Szerinted, van valami mérhető tulajdonsága a levegőnek?
 - Nyomása, tömege.
 - És hogyan mérned meg a tömegét?
 - Sehogy, mert a levegő láthatatlan.
- Szerinted mi történik akkor, ha egy 20C°-os szobát összenyitunk egy 50C°-sal? Mi történik a hőmérsékletükkel?
- Összekeveredik.
 - És szerinted mekkora lesz a hőmérséklet?
 - Olyan 40C°.
 - Szerinted mi a szél?
 - Az is a levegőben van, az is láthatatlan. Meg tud mozgatni dolgokat, hogyha erős, a hurrikán is.
 - Hogyan keletkezik, minek a hatására? Meg tudnád mondani?
 - A levegő összekeveredik.

Egyéni C2 (fiú, 12 éves)

- Akkor most beszéljünk egy kicsit a levegőről.
 - A levegő az meleg és hideg áramlatokat szállít. Nem lehet látni, azt lélegezzük be.
 - Hogyan képzelned el, ha látnád?
 - Ilyen pontocskák.
 - Ezek a pontocskák egyformák?
 - Egyformák, vagyis egyik kisebb, a másik nagyobb.
 - Van közöttük valami?
 - Ilyen kis rés.
 - És abban a résben van valami?
 - Nincs.
 - Mozognak ezek a pontocskák, vagy állnak?
 - Mozognak.
 - Mindig, vagy, csak ha valami mozgatja?
 - Amikor szél van, akkor mozog, amikor nincs, akkor nem.
 - És hogy tudnád elképzelni egy pontocskának a mozgását?
 - A föld körül kering. Ha gyorsabban kering, akkor jobban mozog. Amikor szél van, akkor a pontocskák mozognak, egyébként nem.
 - Szerinted van-e valami mérhető tulajdonsága a levegőnek?
 - Hőmérséklet, mert van mikor meleg, van, van mikor hideg.
- Tömege van a levegőnek?
- Nincs.
- Térfogata?
- Nincs.
- Szerinted mi a szél, hogyan keletkezik?
- A hőmérséklet hatására.

Egyéni D2 (fiú, 8 éves)

- Beszéljünk a levegőről. Van itt a szobában levegő?
 - Igen.
- Honnan tudod?
 - Mert van.
- Mindenhol van a szobában levegő?
 - Igen.
- Tehát megegyezhetünk abban, hogy a levegő létezik, és itt van a szobában is. Látod a levegőt?
 - Nem.
- Most képzelj el, hogy egy varázsló elvarázsolja a szemedet és látod a levegőt. Próbáld nekem elmesélni, hogy mit látsz!
 - Nem tudom.
- Esetleg le tudnád rajzolni?
 - Nem.
- Mondok néhány lehetőséget, és ezek közül válaszd ki, hogy szerinted melyikhez hasonlónak képzeled a levegőt, ha látnád egy varázslat révén.
 - Olyan, mint a víz csak átlátszó, és ezért nem látjuk.
 - Vízszerű anyagban kisebb nagyobb pontok lebegnek.

- Szürke kis részecskékből áll.
 Apró golyócskák mozognak.
 - Szerintem az első.
- Vagyis olyan, mint a víz, csak átlátszó?
 - Igen.
- Tudod mi az a súly, tömeg?
 - Igen.
- Szerinted a levegőnek van tömege?
 - Nincs.
- Hőmérséklete van a levegőnek?
 - Az van.
- Honnan tudod?
 - Mert egyszer hideg van máskor, pedig meleg.
- Köszönöm szépen.

Egyéni, E2 (fiú, Balázs, 10 éves)

- Beszéljessünk a levegőről. Van itt a szobában levegő?
 - Igen.
- Honnan tudod?
 - Mert nyitva van az ablak.
- Ha becsuknám az ablakot nem lenne levegő a szobában?
 - De igen lenne, de egy idő után elfogyna.
- Ha a kólás üvegből kiöntöm a kólát és visszazárom a kupakját lesz benne levegő?
 - Nem lesz.
- Mindenhol van a szobában levegő?
 - Igen.
- Tehát megegyezhetünk abban, hogy a levegő létezik, és itt van a szobában is. Látod a levegőt?
 - Nem.
- Most képzelj el, hogy egy varázsló elvarázsolja a szemedet és látod a levegőt. Próbáld nekem elmesélni, hogy mit látsz!
 - Hát nem tudom.
- Esetleg le tudnád rajzolni? (Mégfogja a ceruzát, gondolkodik.)
 - Nem tudom lerajzolni.
- Mondok néhány lehetőséget, és ezek közül válaszd ki, hogy szerinted melyikhez hasonlítanád képzeled a levegőt, ha látnád egy varázslat révén. Olyan, mint a víz csak átlátszó, és ezért nem látjuk. Vízszerű anyagban kisebb nagyobb pontok lebegnek. Szürke kis részecskékből áll. Apró golyócskák mozognak.
 - Szerintem az első.
- Vagyis olyan, mint a víz, csak átlátszó?
 - Igen.
- Tudod mi az a súly, tömeg?
 - Igen.
- Szerinted a levegőnek van tömege?
 - Nincs.
- Hőmérséklete van a levegőnek?
 - Az van.
- Honnan tudod?
 - Télen hideg a levegő, nyáron pedig meleg.

Köszönöm szépen.

Egyéni, E2 (fiú, Balázs, 10 éves)

- Beszéljessünk a levegőről. Van itt a szobában levegő?
 - Van, amíg el nem fogy.
 - Honnan tudod?
 - Hát hogy lélegzek.
 - Mindenhol van a szobában levegő?
 - Igen.
 - Tehát megegyezhetünk abban, hogy a levegő létezik, és itt van a szobában is. Látod a levegőt?
 - Csak a felhőket.
 - Most képzelj el, hogy egy varázsló elvarázsolja a szemedet és látod a levegőt. Próbáld nekem elmesélni, hogy mit látsz! Miből állhat a levegő? Hogy nézhet ki?
 - Fekete levelek lebegnek, föntről elindul és jön lefelé, neki megy a másíknak, és újra fölmege. Nagyon könnyűek ezért nem érezzük őket.
 - Milyenek ezek a levelek?
 - Laposak.
 - Ha fentről nézzük, hogy néznek ki?
 - Kerekek.
 - Mekkora?
 - Mint egy frizbi.
 - Szerinted a levegőnek van tömege?
 - Van.
 - Honnan tudod?
 - Mikor leér egy levél és ráesik a mérlegre akkor a levél mikroszkopikusan kitér.
 - Levegőnek van hőmérséklete?
 - Igen.
 - Honnan tudod?
 - A Nap fölmelegíti a vizet, kijön a pára, neki megy a leveleknek, a levelek átforrósodnak. Minden levél átforrósodik, a pára fölmege az égbe ebből lesz az eső.
- Köszönöm szépen.

Egyéni G2 (lány Emese, 11 éves)

- Beszéljessünk a levegőről. Szerinted miből áll?
 - Oxigén. A fák eresztik ki.
- Van itt a szobában levegő?
 - Van.
- Honnan tudod?
 - Kapok levegőt. A jó levegőt beszívom a rosszat, kifújom
- Mindenhol van a szobában levegő?
 - Igen.
- Tehát megegyezhetünk abban, hogy a levegő létezik, és itt van a szobában is. Látod a levegőt?
 - Nem.

- Most képzelj el, hogy egy varázsló elvarázsolja a szemedet és látod a levegőt. Próbáld nekem elmesélni, hogy mit látsz! Miből állhat a levegő? Hogy nézhet ki?
 - Apró párákból van, kicsi nem látható vízcseppek.
- Állnak ezek a vízcseppek?
 - Ha fúj a szél, akkor össze-vissza mennek.
- Ha nem fúj a szél?
 - Akkor is.
- A szél mennyiben befolyásolja a vízcseppek mozgását?
 - Szélnek kicsi köze van a vízcseppek mozgásához.
- Szerinted a levegőnek van tömege?
 - Nincs.
- Honnan tudod?
 - Nem (szöveg érthetetlen)- tól visszafele a levegő, amikor megyünk.
- Levegőnek van hőmérséklete?
 - Van.
- Honnan tudod?
 - Ahol süt a Nap, felmelegszik az oxigén. Az árnyékos helyeken is melegebb lesz, mert cserélődnek. Az oxigén pára is lehet, ha hideg van az oxigén köd lesz.
- A levegőben csak oxigén van?
 - Van még benne bacilus meg fertőzés.

III. Mi történik, ha megdörzsölünk egy műanyag rudat?

(Kerettanterv előtti állapot, hetedikesek már tanultak elektrosztatikát)

Csoportos -A

- Ha feltöltünk egy elektroszkópot, kitér. Mi okozza az elektroszkóp viselkedését?
 - Mindhármam: Töltések.
- Hol voltak eddig a töltések?
 - lány1: A rongyon
 - lány2: A rúdon, csak nem érzékeltek, meg kellett hozzá dörzsölni. Az elektroszkópból a levegőbe távoztak.
 - fiú: A rúdon, csak akkor egyensúlyban voltak a pozitívakkal. De ezeket ledörzsöltük, így negatív lett a rúd.

Megbeszélés eredménye a csoportban: a töltések a rúdon voltak, de ugyanannyi volt a pozitív, mint a negatív, ezért nem érzékelhettük.

Mi történik, ha az elektroszkóp elveszíti elektromos állapotát?

A töltések távoznak a levegőbe, vagy a földbe, vagy más tárgyakba.

H Egyéni (fiú, 12 éves)

- Ha fésülködsz, műanyag fésűvel, akkor felborzolódik a hajad, főleg ha frissen van mosva. Ez miért lehet?
 - Kölcsönhatás.
- Milyen kölcsönhatás van közöttük?
 - Mágneses kölcsönhatás.
- Hogyan gondold? Hogy képzeled el, hogy itt a megdörzsölt fésű, és hozzávonódik a hajad?
 - Hát nem tudom!
- Mi lehet a fésűben és a hajadban, hogy tényleg vonzzák egymást? Miből állhat a fésű? Tömör anyag, vagy esetleg vannak benne részecskék, vagy másképp képzeled el?

- ... részecskékből.
- Kicsi részecskékből?
 - Igen!
- És ha dörzsölöd a fésűt, akkor mi történik a részecskékkal? És mi történik velük, ha a fésű éppen nincs megdörzsölve? Rezegnek? Szaladgálnak?
 - Rezegnek.
- S ha megdörzsölöm a fésűt, akkor mi történik velük?
 - Gyorsabban rezegnek.
- Esetleg elmozdulnak a részecskék, vagy hogyan történik a kölcsönhatás?
 - Nem mozdulnak el.
- Esetleg a hajadnak is vannak részecskéi és az azonos és ellentétes (*ilyen fogalom eddig nem volt*) részecskékkal történik valami?
 - Igen.
- Ezek a részecskék egyforma nagyságúak, vagy különbözőek?
 - Különbözőek.
- ... Melyik nagyobb, melyik kisebb?
 - Talán amelyeknek nagyobbak a részecskéi.
- Azok a pozitívak? (*Eddig ilyenről szó sem volt, nem a gyerek mondta.*)
 - Igen.
- A kisebb a negatív?
 - Igen.
- Ha a fésű vonzza a haját, akkor melyik részecske melyiket vonzza?
 - A fésű a haját.
- A részecskék közül a pozitívat, vagy a negatívát?
 - Pozitív a negatívát.
- A nagyobb a kisebbet?
 - Igen.
- Ha van egy fém rudad, és azt megdörzsölöd, az vonzza a hajad?
 - Igen.
- Ugyanaz játszódik le, ha megdörzsölöm, vagyis gyorsabban rezegnek, a pozitív vonzza a negatívát?
 - Igen.
- A részecskék között van valamilyen kapcsolat? Vagy nincsen? Mondtad, hogy a levegő részecskék össze-vissza szaladgálnak, most itt van a részecskék között kapcsolat, vagy nincsen?
 - Szerintem nincsen.

I Egyéni (fiú, 12 éves) !!!!

- Ha műanyag fésűvel fésülködsz, biztosan tapasztaltad már, feláll a hajad. Szerinted miért van ez?
 - A két különböző testet összedörzsölöm, akkor elektromos állapotba kerülnek. S így kölcsönhatásba lépnek.
- Ha egy fémot dörzsölök meg és a hajamhoz érintem, akkor ugyanez történik? Akkor is feláll a hajam?
 - ... Ez jó kérdés!
- Mi történhetett a kölcsönhatás során?
 - A két test vonzhatja és taszíthatja egymást.
- Mitől függ, hogy vonzás, vagy taszítás van a két test között?
 - Hogy a testnek a másik felével nyúlok oda a tárgyhoz.
- A testnek van két vége. Az egyik pozitív, a másik negatív, s valahogy feltöltődik ilyen pozitív és negatív energiákkal. Ha hozzáteszem a pozitívot a pozitívhoz, akkor taszítani

fogják egymást. Ezek szerint a hajad pozitív lesz, a fésű pedig negatív lesz, hogy vonzzák egymást?

- Igen.
- Ezeket a pozitív és negatív részecskéket milyennek képzeled el?
- Semmilyennek.

J Egyéni (fiú, 12 éves)

- Biztosan tapasztaltad már, hogy ha műanyag fésűvel fésülködsz, a frissen mosott hajad feláll. Szerinted miért van ez?
- Elektromos kölcsönhatás.
- Hogy jön létre?
- A haj pozitív töltésű, a fésű negatív töltésű, így vonzzák egymást.
- Tehát részecskékből állnak? A haj csak pozitív, a fésű csak negatív részecskékből áll, *(Ez a modell a kérdező konstrukciója, legalábbis a leírás alapján.)*
- Igen.
- A fésűben nem lehet semmilyen pozitív töltés?
- Nem.
- Csak negatívak? S mivel a hajad pozitív, ha megfésülködsz, akkor ezek automatikusan vonzzák egymást. Ha egy műanyag vonalzóat megdörzsölök, akkor a vonalzó pozitív, vagy negatív töltésű lesz?
- Pozitív.
- És a műanyag fésű negatív?
- Igen.
- Tehát különbség nincsen semmi? Egyik ilyen, másik olyan?
- Hát mondjuk, van valami.
- Mitől függ, hogy valami pozitív, vagy negatív töltésű lesz?
- ...
- Mert ugye, a fésű és a vonalzó is műanyag. Ha megdörzsölöm a vonalzóat, az is vonzza a hajamat, pedig a vonalzó szerinted negatív, a fésű pedig pozitív., de az én hajam is pozitív? Akkor ez így hogyan lehet? Van valami ötleted?
- ...

K egyéni (fiú, 12 éves)

- Biztosan megfigyelted már, hogyha műanyag fésűvel fésülködsz, égne a hajad. Tudod miért?
- Hát a kölcsönhatás miatt.
- Milyen kölcsönhatás miatt? Mire gondolsz?
- Hát mert energiaátadás lesz. A hajam ilyen, ezek a részecskék hátraviszik.
- Hátraviszik? Ezt nem értem. Valamilyen részecske kerül a fésűbe, amikor fésülködsz?
- Igen.
- A fésűben ilyenkor hátramennek? Hátrább?
- Hát így a fésűbe mennek bele, és úgy.
- Mit csinálnak, ha hozzáérek a fésűhöz?
- Rezegnek benne.
- Rezegnek benne ezek a részecskék?
- ...
- Miért van az, hogy a hajad „megy” a fésűvel? Miért van az, hogy magához vonzza a fésű a hajad?
- Hát mert van egy kis kölcsönhatás.

- Arra vagyok most kíváncsi, hogy mit gondolsz arról, hogy a hajad odavonzódik? Milyen oka lehet szerinted? Mi lehet a fésűben, esetleg a hajadban, hogy a kölcsönhatás létrejött?
 - Energia lehet a fésűben és a hajban is.
- Ennek az energiának mi lesz a sorsa?
 - Hát így vonzzák egymást.
- S azért áll fel a hajad?
 - Azért.
- Biztosan játszottál már műanyag vonalzóval. Megdörzsölöd a vonalzót, és picike papírdarabokat magához vonz. Ugyanaz játszódik le?
 - Igen.

...

- Ez az energia miből állhat? Hogy képzeled el az energiát? Nagy tömegű valami, vagy kisebb részecskékből áll, vagy hogyan?
 - Kisebb részecskékből áll.
- Milyenek ezek a részecskék?
 - Mozognak.
- Van esetleg töltésük?
 - Nincsen.
- Akkor hogyan alakul ki a vonzás?
 - Ha részecskék szaladgálnak az energiával, akkor ... ha találkoznak, akkor vonzzák egymást.
- A részecskék között van kapcsolat?
 - Nincsen.
-

Egyéni H fiú, (8 éves)

- És mivel foglalkozol szívesen a szabadidődben?
 - Szabadidőmben? Hát... Sok mindennel.
- Vannak autód? Távirányítós vagy valami ilyesmi?
 - Vannak.
- Vannak? És esetleg olyan is van, amihez nincs zsinór az autó meg a távirányító között?
 - Van.
- Olyan is? Hűha, ez nagyon izgalmas. Erre még később szükségünk lesz.
Most olyan dolgokról fogunk beszélgetni, amik nagyon izgalmasak. De mielőtt elkezdenénk, szeretném, hogy tudd, hogy nincs olyan, hogy jól vagy rosszul válaszolsz. Csak az a lényeg, hogy szeretném megtudni, hogy mit gondolsz ezekről a dolgokról.
S mit gondolsz, mi történik az autó és az autódnak a távirányítója között, mikor mozgatód kart?
 - Hát, az, hogy a rendes kocsit, azt vezetni kell, és a távirányítóst meg irányítani.
- Igen, igen. De mi történik ott, a távirányító meg az autó között?
 - Az, ahogy... Az, hogy valamilyen áram összeköti őket.
- De micsoda?
 - Ilyen áramszerű...
- És hogyan tudnád leírni ezt az áramot?
 - Úgy, hogy áram.

- Mondok néhány lehetőséget. Jó? Ezek közül válaszd ki, hogy szerinted melyik illik rá - erre az áramra- a legjobban. OK? Az első az, hogy ha megnyomod a távirányítót, az egy hullámot hoz létre. Ez olyan, mint hogyha a hajó a vízen mozogna. És elérkezik ez a hullám az autódhoz. De várd meg, amíg az az összeset felolvasom. Jó? Majd csak akkor válassz! A második: Olyan, mint hogyha kis lövedékeket bocsátana ki magából a távirányító, s ezek a kis lövedékek elérik az autót, és ezért bekapcsol az autó, és mozog. Vagy a harmadik, hogy az autó és a távirányító között van egy valami, ami mindenütt ott van, de nem tudod megfogni. A negyedik, pedig az, hogy az autó és a távirányító között a vízhez hasonló valami van, ami mindenhová befolyik, de nem leszünk vizesek tőle. Na, szerinted melyik illik rá, a legjobban?

-Áram.

- Igen, igen. De ezek közül az áramra melyik illik a legjobban, amit eddig elolvastam?

- Hát... A víz.

- Melyik? A hajós, vagy ez az utolsó, hogy nem leszünk vizesek tőle.

- Hát... A hajós.

- A hajós? Ok. És az iskolában, vagy itthon észrevettél már olyat, hogy ha pattogtattad a gumilabdát, akkor az megcsípte a kezedet?

- Igen!

- Igen? Vagy amikor voltatok az Auchanban, vagy a Tescoban, akkor toltad azt a nagy bevásárlókocsit, és megrázott? Olyat is?

- Igen.

- Hú! Ez tök jó! Ez nagyon izgalmas dolog szerintem. Végezzünk el egy kísérletet! OK?

- Mit?

- Itt megmutatom mindjárt. Itt van egy csomó kis papír, ide vannak téve, és most megdörzsölöm ezt a vonalzót. Jó alaposan. Aztán majd Te is kipróbálsz. OK?

És nézzük meg mi történik azzal a sok kis papírral! Jó erősen megdörzsölöm. Szinte már meleg. Nézd csak! Még nem jó. Még egy kicsit! Nagyon alaposan meg kell dörzsölni ahhoz,

hogy jó legyen. Hozzá sem értem, és nézd meg mi történik! Mi történik?

- Az... Ilyen tűzserűség... Így felemelkedik valamitől az ilyen kis papírok.

- Ki szeretné Te is próbálni?

- Ühüm!

- Próbáld ki Te is, de jól alaposan dörzsöld meg. Jó erősen. Jó?

- Jó.

- Úgy, úgy. Sokszor meg kell húzogatni. Próbáld ki Te is!

- De hogy?

- Tedd felé, de ne érintsd hozzá! Akkor neked is azt fogja csinálni. A másik oldallal próbáld meg! Még egy kicsit dörzsölgesd! OK? Biztos, hogy fog sikerülni. Csináld úgy, hogy megfogod, és így!

Most próbáljuk meg, de azzal az oldalával, ami az anyagban volt! Így! A kutya fáját! Most megdörzsölöm én, és akkor majd Te tartod oda. Nagyon szeretném, ha neked is sikerülne. Így húzogatom...

- Ezt az áram csinálja, vagy a tűz?

- Az áramhoz hasonló valami. Ez olyan valami, ami a távirányító meg az autó között van.

-A gőmbvillám?

- Nem, nem. Egyébként ez nem áram, csak te hívtad annak. Nézd csak! Neked is odavonzotta. S mit gondolsz, mi történt ezzel a vonalzóval?

-...Ö...Túl meleg lett, és aztán az ilyen meleg levegő, így a vonalzó hideg volt. És a meleg levegő a hidegre rátette ezeket.

- És, hogyha nem a meleg volt, akkor mi miatt lehetett?

- Akkor a hideg miatt.

- Mindenféleképpen ilyen vagy meleg, vagy hideg miatt?
 - Igen. Vagy langyos.
- Vagy langyos?
- És mit gondolsz, mikor megdörzsöltük ezzel az anyaggal a vonalzót, akkor az miért lett ilyen tulajdonságú, hogy magához vonzotta ezeket a picike papírdarabokat?
 - Azért, mert valami légkör miatt, valamilyen áram miatt, így odavonzotta őket az erős sugár a vonalzóhoz.
- De a vonalzóval mi történt, amikor megdörzsöltük?
 - A vonalzóval? Hát valamilyen izé...Ilyen...
- Mi az az izé?
 - Ilyen gömbvillám, vagy áramszerű, vagy tűzszerű, így odavonzotta hozzá az ilyen... ezeket a köröket.

IV. Fémharang mozgása fémlapok között

Csoportos -A

Miért mozog a golyó ide-oda?

1 lány: az elektromos mező miatt

2 lány: Mert feltöltöttük az egyik fémét pozitívrá (mondjuk), ezért a másik negatív lesz, a lemezek labdázna a fémgolyóval (feszültség van a fémlapok között)

fiú: a golyó is feltöltődik, folyton vonzzák és taszítják a lapok.

Megbeszélés eredménye: a golyót vonzzák és taszítják különböző töltésű fémlapok.

II. Mi történik a távirányító és a TV között? (elektromágneses mező elképzelése)

Csoportos -A Csoportos beszélgetés

13 évesek

- lány1: A levegőn ugrál a jelzés
- lány 2: Úgy terjed, mit a láthatatlan laser
- fiú: Olyan, mintha kis lövedéket bocsátana ki (a távirányító).

A felvetett elképzelések megbeszélése után közös elképzelést alakítottak ki: A jel terjedéséhez kell valamilyen közeg (pl. levegő) de nem ugrál, hanem közvetlenül megy, mint a fénysugár.

Csoportos -B csoportos beszélgetés (12 évesek, természettudományi tagozat, 5 fő, egyéni vélemények nincsenek jelezve, csak a közös álláspont)

-A Tv és a távirányító között „infra red” van.

- Az mi?
 - Láthatatlan fénysugár, nagyon vékony és vörös, de nem látjuk, mert annyira keskeny.
- Van-e valami a Tv és a távirányító között?
 - Semmi, levegő.

A kérdező távvezérlőt a falra irányítva kapcsolja be a TV-t, majd feltette a következő kérdést.

- Most miért kapcsolódott be TV?

-Most a fénycsóva olyan nagy lett, hogy kitöltötte az egész szobát. A távirányítóból jövő fény hol nagyon keskeny, hol pedig kitölti az egész szobát. Hogy mikor milyen, az attól függ, hogy milyennek kell lennie ahhoz, hogy bekapcsolódjon a

TV. A két eszköz között olyan kapcsolat van, hogy a vezérlőből kijövő fénynek mindig el kell érnie a TV-t.

Egyéni – D (lány, 10 éves)

- Szerinted, ha megnyomok egy gombot (a távirányítón) ez az akaratom hogyan jut el a TV-ig?
 - Elektromosság
- Mi az az elektromosság? Mit hallottál róla, hol hallottad?
- Nem tudom. Tényleg valami ilyesmi, de nem tudom.
- Felsorolok lehetőségeket, próbáld meg ezek közül kiválasztani, amit a leginkább elképzelhetőnek tartasz, de először hallgasd végig a lehetőségeket, csak az után válassz közülük:
 - olyan valami, ami a tárgyak között hullámszik
 - olyan, mintha kis lövedékeket bocsátanánk ki egyik tárgyról a másikra, amikor ez becsapódik, bekapcsolódik a készülék
 - mindenütt ott van, de nem lehet megfogni,
 - olyan, mint a víz, mindenhová befolyik, de nem leszünk vizesek tőle.
- Talán az első.

Egyéni E (fiú, 11 éves)

- Mi lehet a TV távirányító és a készülék között?
 - Elektronika. Áram folyik ott.
- De hol folyik az áram, látsz köztük vezetéket?
 - Nem, láthatatlan az áram.
- Jó ezt értem, de miben folyik az áram?
 - Azt nem tudom.
- Ha kimegyek az udvarra, onnan is be tudom kapcsolni a TV-t?
 - Nem.
- Miért?
 - Messze vagyunk.
- Ha kimegyek az erkélyre, onnan is be tudom kapcsolni?
 - Nem, mert az áram a falból visszacsapódik.
- Tehát mi kell ahhoz, hogy be tudjam kapcsolni a TV-t?
 - Hogy a téren belül legyenek, és ne legyen semmi akadály.

Egyéni F (lány 10 éves)

- Szerinted mi történik a TV és a távirányító között?
 - Valami elektromos dolog van ott.
- Jó, de próbáld meg pontosabban megfogalmazni, hogy ez mit jelent neked.
 - ...
- Mondok lehetőségeket, próbáld meg azok közül kiválasztani, hogy melyik lehet igaz szerinted.
 - valami, ami a tárgyak között hullámszik, ha valaki jelez, benne hullámszik a jel.
 - olyan, mintha kis lövedékeket bocsátanánk ki egyik tárgyról a másikra, amikor a lövedék becsapódik bekapcsolódik a Tv,
 - mindenütt ott van, de nem lehet megfogni,
 - olyan mint a víz mindenhová befolyik, de nem leszünk vizesek tőle
- Az első lehetőségre gondolnék.

- Jó, most azt szeretném megkérdezni, hogyha kimegyek az udvarra, onnan bekapcsolódik-e a TV?
 - Nem fog, mert messze vagyunk és ott van a fal.
- Miért baj az, hogy ott van a fal?
 - Mert a hullám nem tud átjönni a falon.
- És mi történik a hullámmal ha elérkezik a falhoz?
 - Visszamegy.

Egyéni G (lány, 12 éves)

- Mi lehet szerinted a TV és a távirányító között?
 - Hát, nem tudom, valami elektromosság.
- Mi lehet az?
 - ...
- Akkor mondd neked alternatívákat, azok közül válaszd ki azt, amit te a lejobban elképzelhetőnek tartasz, de légy szíves hallgasd végig az összeset, mielőtt választanál.
 - valami, ami a tárgyak között hullámszik, ha valaki jelez, benne hullámszik a jel.
 - olyan, mintha kis lövedékeket bocsátanánk ki egyik tárgyról a másikra, amikor a lövedék becsapódik bekapcsolódik a Tv,
 - mindenütt ott van, de nem lehet megfogni,
 - olyan mint a víz mindenhová befolyik, de nem leszünk vizesek tőle
 - Kettes.
- Miért gondolod ezt?
 - Nem tudom.
- Ha lemegyek a kapuba, és onnan próbálom meg bekapcsolni a TV-t akkor sikerülne?
 - Nem.
- Miért?
 - Mert messze vagyok.
- Ha például közel vagyok a TV-hez de van valami az útjában?
 - Akkor sem.
- Miért?
 - Mert elakad a lövedék.

H Egyéni (fiú, 12 éves)

- Ha van egy távirányítód, és bekapcsolod a TV-t, akkor miért tudsz csatornát váltani?
 - Mert a TV és a távirányító között van ilyen (valamit mutat), s az jeleket bocsát ki, s az továbbítódik.
- Valami továbbítja őket, vagy hogyan történik?
 - ...
- Anyagon átmegy? Vagy olyasvalami történik, amit te nem látsz, vagy hullámszerűen terjed? Gyorsan mozog? Hogyan terjedhet? Mi mozgathatja? ...
 - Hát nem tudom.
- Hogyan lehet ilyen jeleket továbbítani? Hullámszerűen terjed? Vagy hogyan? Golyókat lövell ki?
 - Valami jelet továbbít.
- De hogyan? Egymásnak átadják?
 - Igen egymásnak átadják!
- ... egymásnak továbbítják az információt?

- Igen, ezt nem lehet látni, levegőn keresztül, a levegő továbbítja.

I Egyéni (fiú, 12 éves) !!!!

- Szerinted mi történik a TV és a távirányító között?
 - Van egy érzékelő a TV-n és a távirányítón is van egy ilyen. Ez különböző jeleket küld, ahogy megnyomom a gombot, és a TV ezt átalakítja.
- Hogy megy el a jel innen oda? Hogy terjed? Levegőben?
 - Igen, levegőn keresztül.
- Szerinted átadják, vagy hullámszerűen terjed, vagy hogyan?
 - Egymásnak átadják.
- Egyik részecske átadja a jelet a másiknak?
 - Dehogy!
- Ezt hogy gondoltad? Például innen elindul egy golyó, s odáig eljut? Így gondoltad, hogy ilyen sebességgel mennek, vagy messzebbre?
 - Igen.

J Egyéni (fiú, 12 éves)

- Már biztos volt a kezében TV távirányító. Ha megnyomsz rajta egy gombot, be tudod kapcsolni a TV-t, vagy váltasz rajta, stb. Pedig nincs a távirányító és a TV összekötve vezetékkel. Ez miért lehet?
 - Mert infra.
- Úgy képzeld el, hogy ha te akarsz valamit, és megnyomsz rajta egy gombot, akkor a távirányító csinál valamit és a TV bekapcsolódik?
 - Jeleket küld a TV-nek.
- Hogyan küldhet jeleket?
 - (a gyerek semmilyen ötlettel nem áll elő, a kérdező sokféle alternatívát sorol fel, de egyiket sem választja ki.)

K egyéni (fiú, 12 éves)

- Biztos, hogy volt a kezében távirányító. ... Csatornát tudsz váltani, pedig nem is nyúltál a TV-hez. Hogyan lehetséges ez?
 - A távirányítóban van egy memóriakártya, amely ezt érzékeli, és ez a TV-be is be van építve.
- Ez OK, de hogyan jut el a TV-hez, amikor semmilyen vezetékkel sem érintkeznek? Van valami, ami a jelet kibocsátja, átviszi a TV-be?
 - Hát átsugározza a televízióba.
- Hogy megy át a jel? Hullámszik, vagy átviszik a részecskék?
 - Átviszik a részecskék.
- Tehát akkor a távirányító részecskéket bocsát ki?
 - Igen.
- Ezek a részecskék irányítják a TV-t?
 - ...

L Egyéni (11 éves fiú)

- Ismered a távirányítós autókat?
 - Igen nekem is van otthon.
- Szerinted hogyan működik az, amelyiknél az irányító egy zsinórral van összekötve az autóval?
 - Árammal.
- Hogyan?

- A zsinór belevezeti az autóba az áramot, és ezek külön zsinóron mennek az autóba.
- Szerinted többféle áram van?
 - Nem, csak különböző zsinórokon mennek.
- Ha láthatóvá tennénk az áramot, hogyan képzelnéd el?
 - A fémzálakban kicsi áramgömbök futnak.
- Honnan vannak ezek az áramgömbök?
 - Az elemekből és a konnektorból.
- Mi történik velük?
 - Az áram a távirányítón keresztül az autóba megy, és ott eltűnik. Ezért fogy ki az elem.
- És hogy mennek ezek az áramgömbök?
 - Sok van belőlük, és ezek nagyon gyorsak, mert ha elvágánk a zsinórt, akkor rögtön megállna az autó.
- Szerinted hogy működik az antennás távirányítású autó?
 - Akkumulátorral. Abból jön az áram.
- De nincsen zsinór, mégis elindul az autó.
 - Az antenna parancsot ad az autónak.
- Szerinted egy távirányító több autót is el tud indítani?
 - Nem az egyikbe kocka formájú áram kell, a másikba gömb.
- És honnan tudja az autó, hogy neki melyik kell?
 - Bele van ütvé az autóba.
- Akkor egy távirányító csak egy autót tud elindítani?
 - Igen. Ez olyan, mint a kulcs, nem tudsz két zárat kinyitni egy kulccsal, mert mindegyik más.

M Egyéni (12 éves fiú)

- Szerinted hogyan működik egy távirányítású autó?
 - Be van kötve a zsinór, és abban parancsok mennek.
- Milyen parancsok?
 - Elektromos hullám.
- Hogyan képzeld el az elektromos hullámot?
 - Gömböknek
- Nincs különbség a gömbök között?
 - Nincs, csak más zsinóron mennek.
- És honnan vannak ezek a gömbök?
 - Az elemből.
- Hogy mennek ezek a gömbök?
 - Az elemből egy zsinóron mennek a gomba, és onnan egy másik zsinóron az autóba.
- Hogy működik a gomb?
 - Lenyomjuk és továbbküldi a zsinórba.
- Szerinted mik ezek a gömbök?
 - Elektronok.
- Többféle elektron van?
 - Igen van + és -.
- Mi a különbség?
 - Az egyik kicsi a másik nagy.
- És hogyan működik a távirányítású autó?

- Az elektronok radarhullámmá alakulnak, a kocsik antennája ezeket veszi fel és így működik.
- Hogyan tudja a radarhullám, hogy neki a kocsihoz kell mennie?
 - Ráirányítod és úgy. Bár, mégse.
- Akkor?
 - Tudják, hogy oda kell menni, mert ezek nagy hullámok.

N Egyéni (12 éves fiú)

- Szerinted hogyan működik a vezetékes távirányítású autó?
 - A zsinóron végigmegy valami, amikor megnyomjuk a gombot, és elindul az autó.
- Mi megy végig a zsinóron?
 - Áram.
- Hogy nézhet ki ez az áram, ha felnagyítjuk, hogy látszódjon?
 - Vékony, kicsi vonalak.
- Szerinted mi a különbség az „előre” és a „hátra” gomb lenyomása között?
 - Más drótra mennek és más parancsot visznek.
- Ha a drótokat felcserélnénk és úgy kötnénk hozzá a gombokhoz, akkor hogy indulna el az autó?
 - Úgy, hogy amikor előre nyomnánk meg a gombot, akkor hátra menne, amikor meg hátra, akkor előre.
- Szerinted miért kell elem?
 - Mert az adja az energiát.
- Mihez?
 - Hogy a zsinórba elinduljon az áram.
- Szerinted hogyan működik az antennás autó. Miért indul el az autó?
 - Az antennának köszönhetően.
- Jó, de miért?
 - Mert ha kihúzzuk az antennát, akkor egy energiamező jön létre, és amikor megnyomjuk a gombot, a mező hullámozik, és az eléri az autóhoz, és az elindul.
- Szerinted van összefüggés a két autó működése között?
 - Nincs semmi.
- Szerinted mi a különbség a gombok között?
 - Mindegyik gomb más hullámzást hoz létre.

O Egyéni fiú (7 éves)

- Szerinted hogyan működik az a távirányítású autó, amelyiknél az autó és a távirányító között vezetékek vannak? Miért indul el az autó, amikor benyomjuk a gombot?
 - Mert az áram vezeti.
- De mit vezet az áram?
 - Az autót.
- Az áram az honnan van?
 - A zsinórok viszik az áramot, akkor van az áram.
- Mikor a gombot előre nyomom az autó előre megy, amikor hátra nyomom, akkor pedig hátra. Mi a különbség közöttük?
 - Van elől is áram, meg hátul is.
- A két áram az különbözik?
 - Igen!
- Szerinted mi a különbség a két áram között?
 - Nem tudom.

- Szerinted a vezetéken sok kicsi zsinór van, vagy egy nagy?
 - Sok kicsi, és mindegyik gombhoz van kötve egy zsinór.
- És mi van, ha a távirányítóban, az előre és a hátra gombhoz kötött zsinórokat felcserélem?
 - Oldalra fog menni, mert kicserélted.
- Ha felnagyítanánk a zsinórt, és láthatnád hogyan mennek benne az „áramok”, akkor mit látnál?
 - Így (mutatja a gyerek a hullámmozgást)
- És miért hullámban?
 - Azt nem tudom.
- Olyan mint egy kígyó?
 - Nem, csak van egy olyan fény, ami végigfut a zsinóron, és így megy az áram.
- Honnan tudja az autó, hogy amikor te az „előre” gombot nyomod meg, akkor neki előre kell mennie?
 - Hát, az áram előre vezeti.
- Szerinted miért kell az autóba elem?
 - Mert csak akkor megy, mert az elemben is van áram.
- Mi a különbség a vezetékes és a nem vezetékes autó között?
 - A nem vezetékes autónál kihúzzuk az antennát, és akkor megy.
- De köztük nincs semmi, mégis elindul. Miért?
 - Mert így is az áram hajtja.
- Azt mondtad az áram a zsinórban megy, most viszont nincs zsinór, az autó mégis elindul. Hogyan?
 - Mert az autó olyan, mint egy mágnes, és ha előre nyomjuk az autó előre megy.
- Honnan tudja az autó, hogy előre, vagy hátra húzom?
 - Nem tudom.

Egyéni R (fiú, 12 éves)

- Mivel foglalkozol szívesen a szabadidődben?
 - Hát... Számítógépezek, legózok, meg a haverjaimmal vagyok.
- És esetleg szeretsz TV-t nézni?
 - Igen.
- Igen?
 - Igen, de inkább számítógépezek.
- OK. Most beszélgetni szeretnék veled néhány dologról. De mielőtt elkezdenénk, szeretném, hogy tudd, hogy nincs olyan, hogy jó, vagy rossz válasz. Az a lényeg, hogy azt szeretném megtudni, hogy mit gondolsz a feltett kérdéssel kapcsolatban. Mit gondolsz, mi történik, ha a távirányítón megnyomsz egy gombot, és a TV-re irányítod?
 - Bekapcsolódik a TV.
- De mi történik a távirányító és a TV között? Hogyan juttatja el a Te akaratodat a távirányító a TV-hez?
 - Hogy megnyomom. Megnyomom a gombot.
- Na jó, de mi történik ott a kettő között szerinted?
 - Egy lézersugár bekapcsolja.
- Egy lézersugár?
 - Igen.
- OK. Én mondom néhány lehetőséget, és válaszd ki azt, amelyik a legjobban illik erre a jelenségre! Az első: ha megnyomod a távirányítót, az hullámmást kelt, mint hajó a vízen, és

ez elérkezik A TV-hez. A második... Először hallgasd végig az egészet, és akkor utána válaszsz!

- Jó.

- Vagy olyan, mintha kis lövedékeket bocsátana ki a távirányító a TV felé, és amikor a lövedék

becsapódik, akkor bekapcsolódik a TV. A harmadik, az pedig az, hogy a TV és a távirányító között egy olyan valami van, ami mindenütt ott van, de nem lehet megfogni. A negyedik pedig az, hogy a TV és a távirányító között egy vízhez hasonló valami van, ami mindenhová befolyik, de nem leszünk tőle vizesek. Melyik illik rá a legjobban?

-A második.

- Az melyik volt?

- Amikor ilyen lövedékek csapódnak be.

- Jó. A következő kérdés, pedig az, hogy arra lennék kíváncsi, hogy kosárlabdáztál-e már?

- Hát... Igen.

- Ha sokat pattogtattad a labdát, észrevettél már olyat, hogy az megcsípte a kezedet?

- Nem.

- Vagy amikor voltatok bevásárolni anyuval, vagy apuval és toltad a nagy kocsit, és az nem rázott meg?

- Nem. De viszont volt egyszer egy olyan, hogy kinyitottam az autót, és akkor az megrázott hirtelen. Meg amikor ilyen műszálas pulóverben voltam.

- Amikor leveszed a pulóveredet, például?

- Igen.

- Most végezzünk el egy kísérletet! Gyere ide az asztalhoz! Itt van egy csomó kis papírdarab, meg egy vonalzó. A vonalzót megdörzsölöm ezzel az anyagdarabbal. És nézzük meg, hogy mi történik! Utána Te is megcsinálhatod, ha van kedved hozzá. Jó alaposan megdörzsöljük, és nézzük! Nem érek hozzá. Mi történik?

- Fölragadnak rá a papírdarabok.

- Szeretnéd Te is kipróbálni?

- Ühüm.

- Itt van az anyag meg a vonalzó. Jó erősen dörzsöld meg! Még egy kicsit!

- Jó.

- Tedd egy kicsit közelebb!.... Na, na, megmozdultak. Láttad?

- Igen.

- Mit gondolsz mi történik?

- A mágnesesség felvitte a vonalzóra.

- Légyszi, még egyszer! Mit? Nem értem.

-A mágnesesség felragasztotta a vonalzóra a papírdarabokat.

- És mit gondolsz, a vonalzóval mi történt?

- Föl, fölmelegedett.

- És még? És a melegtől lett ez, vagy valami mástól?

- Nem emlékszem....

- Csak a véleményedre vagyok kíváncsi, nem fontos, hogy azt mondd, amit olvastál. Mégis mit gondolsz?

- Van három lehetséges válasz?

- Három lehetséges válasz? Most nincs. Szerinted?

- Hát, akkor szerintem a mágnesességtől.

Egyéni S (lány, 12 éves)

- Mivel foglalkozol szívesen a szabadidődben?

- Olvasással

- Olvasással? És szoktál TV-t nézni?

- Szoktam.

-OK. Most szeretnék veled beszélgetni néhány dologról, de mielőtt elkezdenénk, szeretném, hogy tudd, hogy nincs olyan, hogy jó vagy rossz válasz. Az a lényeg, hogy azt szeretném megtudni, hogy mit gondolsz a feltett kérdéssel kapcsolatban. OK? Kezdhetjük?

- Igen.

- Rendben van. Mit gondolsz, mi történik a távirányító és a TV között? Hogyan juttatja el az akaratodat a távirányító a TV-hez?

-.....

- Segítsek? Adok néhány lehetséges választ. Jó? És akkor ezekből válaszd ki, hogy szerinted melyik a legjobb. Először hallgasd végig az összezt, s akkor utána válaszd majd ki! Az első: Ha megnyomod a távirányítót, az egy hullámmást kelt, mint a hajó a vízen, és az érkezik el a TV-hez. A második: Olyan ez a dolog, mintha kis lövedékeket bocsátana ki a távirányító a TV felé, és amikor a lövedék becsapódik, akkor bekapcsolódik a TV. A harmadik: A TV és a távirányító között olyan valami van, ami mindenütt ott van, de nem lehet megfogni. A negyedik: Vagy a TV és a távirányító között a vízhez hasonló valami van, ami mindenhová befolyik, de nem leszünk vizesek tőle.

- Az első.

- Az melyik volt?

-A hullámmás.

-A hullámmás? OK. Tapasztaltál már olyat, hogy a kosárlabda megcsípte a kezedet, vagy amikor voltál a boltban, és nagy kocsik voltak ott, és azt toltad, akkor az megrázott? Vagy amikor levettél a pulóveredet, és megrázott?

- Igen, amikor levettém a pulóveremet.

- Most egy ehhez hasonló kísérletet fogunk csinálni. Menjünk ide az asztalhoz! Itt van egy csomó kis papírdarab. Ez pedig egy vonalzó, és ezzel az anyaggal, ami egy műszálas anyag, megdörzsölöm jól a vonalzót. Figyeld meg, hogy mi történik! Szeretnéd Te is kipróbálni?

- Igen.

- Így megdörzsölöd....Akkor most tartsd oda! Szerinted mi történt? Mitől következett ez be?

- Ugyanúgy, mint a TV-nél itt is van egy olyan hullámmás, vagy sugárzás, amitől így magához vonzotta a papírt.....

- És szerinted hogyan lett a vonalzó ilyen tulajdonságú?

- Úgy, hogy az előbb ezzel megdörzsöltük,.....

- És akkor az anyagtól lett ilyen tulajdonságú?

- Igen.

-

Egyéni, T (fiú, 12 éves)

- Mivel foglalkozol szívesen a szabad idődben?

- Gokartozok, meg focizok.

- És szoktál mondjuk TV-t nézni is?

- Igen.

-OK. Most szeretnék veled beszélgetni néhány dologról. De mielőtt elkezdenénk, szeretném, hogy tudd, hogy nincs olyan, hogy jó, vagy rossz válasz. Az a lényeg, hogy azt szeretném megtudni, hogy mit gondolsz a feltett kérdéssel kapcsolatban. Kezdhetjük?

- Igen.
- Mit gondolsz, mi történik a távirányító és a TV között? Hogyan juttatja el az akaratodat a távirányító a TV-hez?
 - Ilyen, lézersugárral, vagy valamilyen sugárral. És amikor azt a TV érzékeli, a 0 és az 1 számokat, a számítógéphez hasonló dolog, szerintem, megvan a kódja, és akkor úgy.
- Most felsorolok néhány ezzel kapcsolatos lehetséges választ, és ezek közül válaszd ki, ami a Te elméletedre a leginkább hasonlít. OK? Az első...Először hallgasd végig az egészet, és majd utána válassz! Az első: ha megnyomod a távirányítót, akkor az hullámmást kelt, mint a hajó a vízen, és ez érkezik el a TV-hez. A második: ez olyan, mintha kis lövedékeket bocsátana ki a távirányító a TV felé, és amikor a lövedék becsapódik, akkor bekapcsolódik a TV. A harmadik: a TV és a távirányító között egy olyan valami van, ami mindenütt ott van, de nem lehet megfogni. A negyedik: a TV és a távirányító között egy vízhez hasonló valami van, ami mindenhová befolyik, de nem leszünk vizesek tőle.
 - Szerintem a második.
- Az melyik?
 - A hajós.
- A hajós? Aha, az az első, de arra voltam kíváncsi, hogy mit gondolsz. Most egy kicsit más. Tapasztaltál már olyat, hogy a kosárlabda megcsípte a kezedet? Vagy voltak egy nagy bevásárló központban, és toltad a bevásárló kocsit, és az megrázott? Vagy amikor levettad a pulóveredet, akkor az megcsípett?
 - Volt már ilyen?
- Volt.
- Most végezzünk el egy kísérletet, itt az asztalnál! Itt van egy csomó icike-picike papír, és, itt mellette van az ehhez a kísérlethez még szükséges vonalzó. Ez egy műszálas anyag, amivel megdörzsölöm ezt a vonalzót. Jó alaposan megdörzsölöm. Mi történik?
 - A papírdarabokat vonzza.
- Szeretnéd Te is kipróbálni?
 - Nem.
- Nem? Ahogy gondolod. Ha mégis szeretnéd, akkor itt van.
 - Nem.
- Akkor üljünk le vissza! Jó? Mit gondolsz, mi történt?
 - A súrlódás mágnesességet, vagy elektromosságot, vagy ilyesmit fejlesztett ki. És ez vonzza a papírt.
- És mit gondolsz, hogy a vonalzó miért lett ilyen tulajdonságú?
 - Mert műanyag.
- Mert műanyag? De milyen hatás révén?
 - A súrlódás miatt.
- De mit értesz súrlódás alatt?
 - Hogy hozzádörzsöltük a műszálas anyagot.
- Értem.

Egyéni V (lány. 12 éves)

- Mit gondolsz, mi történik a TV és a távirányító között, amikor bekapcsolod a távirányítóval a TV-t? Szerinted, mi játszódik le?
 - Hát, ő. Én láttam a távirányítónak, hogy ilyen izé, ilyen kis táblaszerű valami van a végén. Azt gondolom, hogy valamilyen, valami módon bele megy a videóba, és akkor egy ilyen valamilyen. Máskor a bátyám mondott egy olyan lámpát, amivel megvilágította, és egy ilyen piros fény volt a rádió. Meg a távirányító között.

- És mit gondolsz, hogy megy az a „valami”? És hogy képzeled el azt a valamit, ami belemegy a TV-be?

- Egy ilyen hullámzó izének, ami.

- Tapasztaltál-e már olyat, hogy amikor fészülködsz, akkor a hajad egy kicsit égne áll?

- Igen. Az, ő nem tudom, mitől van, de szokott. Hogy ő, amikor húzom a fészűt, akkor úgy egyre jobban, így feláll a hajam.

- Nem tudod esetleg megmagyarázni azt, hogy ez mitől van?

- Nem tudom.

- Szerinted mi történik akkor, ha ezt most megdörzsölöm?

- Hát hogy a papírt így felvonzza arra a műanyag csőre.

(Itt most bemutattam a kísérletet a műanyag rúd megdörzsölésével.)

- Mi történt?

-A papírral, ahogy így megdörögöljük, úgy valamilyen nem áram, hanem valami izé belemegy, és akkor úgy felvonzza a papírt valami, mint a mágnesszerű, mint a mágnes.

Egyéni Z (lány, 11 éves)

- Szerinted, mi történik a távirányító és a TV között, amikor bekapcsolod a távirányítóval a TV-t?

- Hát valami jelet küld.

- Hogy képzeld el azt a jelet? Mihez hasonlít?

- Hát, nem tudom.

- Ilyen kis pontocskák, vagy hullámszerűek?

- Nem inkább ilyen hullámszerűek.

- Tapasztaltál-e már olyat, hogy amikor fészülködsz így a hajad egy kicsit égne áll?

- Igen.

- Szerinted, miért van?

- Hát, valamilyen elektromosság vagy mi és akkor így mennek.

- Szerinted mi történik a papírkákkal, ha ezt a megdörzsölt rudat följük tartom?

- Nem tudom.

- Mivel magyarázod?

- Hát nem tudom.

- Próbáld meg. Mi történt, hogy felemelkedtek ezek a kis papírok.

- Nem tudom.

Egyéni X Fiú, (12 éves)

- Szerinted mi történik a távirányító és a TV között, amikor bekapcsolod a távirányítóval?

- Egy infravörös jel indul. Egy infravörös jel adja le a jelet a TV-nek.

- És hogyan?

- Amikor megnyomjuk a gombot, akkor automatikusan megy a jel az érzékelőhöz.

- Milyennek képzeld el ezt a jelet?

- Ez egy láthatatlan jel, amit speciális fényen keresztül lehet csak látni.

- Tapasztaltál már olyat, hogy amikor leveszed a pulóvered, akkor így égne a hajad?
 - Igen.
- Szerinted, ez miért van? Meg tudnád magyarázni?
 - Hát dörzsölődik a pulóver a hajamhoz.
- Szerinted azért áll föl?
 - Szerintem igen.
- Szerinted mi történik, ha megdörzsölöm ezt a rudat és odaközelítem a papírokhoz?
 - Ugyan ezt szoktam én is a vonalzóval csinálni, hogy vonzzák egymást.
- Meg tudnád magyarázni, hogy ez miért?
 - Mágneses erő hat rá.

Egyéni A2 (lány, 11 éves)

- Szerinted mi történik a TV és a távirányító között, amikor bekapcsoljuk vele a TV-t?
 - Hát ilyen szál indul ki.
- Hogy képzeled el azt a szálát, ami kiindul?
 - Hát, hogy ilyen láthatatlan.
- Ilyen pontok, vagy hullámszerű?
 - Ilyen hullámszerű.
- Tapasztaltál már olyat, hogy amikor fésülködsz akkor a hajad...?
 - Igen, így feláll.
- Szerinted, ez miért van? Mivel magyaráznád?
 - Ez olyan elektromosság.

Egyéni D2 (fiú, 8 éves)

- Szoktál TV-t nézni?
 - Én a Minimaxot meg a Foxkidset nézem.
- Használod a TV távirányítóját?
 - Igen.
- Mi történik, ha megnyomsz a távirányítón egy gombot?
 - Bekapcsol a TV.
- Hogyan jut el az akaratom a TV-hez?
 - Nem tudom.
- Mondok néhány lehetőséget, próbáld meg kiválasztani ezek közül a szerinted megfelelőt. Először hallgasd végig mindet, és csak utána döntsél. Jó?
 - J ó!
- A távirányító és a TV között hullámok vannak. Olyanok, mint ahogy a víz hullámozik. Kis lövedékek indulnak ki a távirányítóból, ez becsapódik, ekkor bekapcsol a TV. Olyan anyag közvetíti, ami mindenütt ott van, de nem lehet látni. Szerinted melyik a jó?
 - Olyan anyag, ami mindenhol van.
- Előfordult már, hogy megnyomtál egy gombot és a TV nem reagált?
 - Igen.
- Mi volt a gond?
 - Elromlott a távirányító.
- Ha a szoba bármely pontján megnyomjuk a távirányítót működésbe jön a TV?
 - Igen.
- Miért?
 - Mert ott van olyan anyag!
- Ha az udvaron tesszük ezt akkor működésbe jön a TV?

- Nem.
- Miért nem?
 - Mert ott nincs olyan anyag.
- Az udvaron miért nincs olyan anyag?
 - Nem tudom.
- Milyen hasonló elven működő tárgyakat ismersz?
- Távirányítós autó.

Egyéni, E2 (fiú, Balázs, 10 éves)

- Szoktál TV-t nézni?
 - Igen.
- Használod a TV távirányítóját?
 - Igen.
- Mi történik, ha megnyomsz a távirányítón egy gombot?
 - Bekapcsol a TV, vagy másik csatornára kapcsol.
- Hogyan jut el az akarated a TV-hez?
 - Valamilyen elektromos dologgal.
- Milyen ez az elektromos dolog?
 - Nem tudom.
- Ha odarakod a kezed a távirányító elé, miközben használod, érzel valamit?
 - Nem.
- Mihez hasonlít ez az elektromos dolog, olyan, mint amikor valamit bedugunk a konnektorba?
 - Nem.
- Előfordult már, hogy megnyomtál egy gombot és a TV nem reagált?
 - Igen.
- Mi volt a gond?
 - Kimerült az elem a távirányítóban.
- Ha a szoba bármely pontján megnyomjuk a távirányítót működésbe jön a TV?
 - Igen.
- Miért?
 - Ott van elektromosság.
- Ha az udvaron tesszük ezt akkor működésbe jön a TV?
 - Nem.
- Miért nem?
 - Kint nincs ilyen.
- Az udvaron miért nincs?
 - Nem tudom.
- Milyen hasonló elven működő tárgyakat ismersz?
 - Távirányítós autó, Playstation.
- A Playstationnál van vezeték a távirányító és a gép között?
 - Van.
- Akkor az hasonló a TV távirányító működéséhez, vagy nem hasonló?
 - Csak kicsit hasonló.

Egyéni F2 (fiú, Dávid, 10 éves)

- Mit csinálsz szabadidődben?
 - Csavargok, unatkozok, hajtogatok.

- Szoktál TV-t nézni?
 - Igen, szoktam. Vasárnap néztem a Jumajit.
- Használsz a TV távirányítóját?
 - Igen.
- Milyen gombokat használsz?
 - Teletextet nézek, meg az órát, átkapcsolok másik csatornára.
- Mi történik, ha megnyomsz a távirányítón egy gombot? Hogyan jut el az akaratod a TV-hez?
 - Kilő valamilyen sugarat, a TV-n van üvegből egy gombszerű dolog, a távirányítóban egy kis körte kilő egy sugarat, és össze visszamegy és eljut a TV-hez. Úgy, mint a géppuska vagy az aknavető.
- Előfordult már, hogy megnyomtál egy gombot és a TV nem reagált?
 - Igen. A régi távirányítónk működött a TV-vel ellentétesen fordítva is, de az új nem.
- Ha a szoba bármely pontján megnyomjuk a távirányítót működésbe jön a TV?
 - Csak a régi távirányító működött mindenhol öt méter távolságig.
- Ha az udvaron nyomjuk meg a távirányítót akkor működésbe jön a TV?
 - Nem.
- Miért nem?
 - A fal olyan, mint a háborúban a védőpajzs, a lövedékek beleállnak a falba, ezért nem jut el a TV-ig.
- Milyen hasonló elven működő tárgyakat ismersz?
 - Távirányítós kocsi, kocsi távirányító, amit ha megnyomunk kinyílik a kocsi.

Egyéni G2 (lány Emese, 11 éves)

- Mit csinálsz szabadidőben?
 - Csavargok, tanulok, számítógépezek.
- Szoktál TV-t nézni?
 - Igen, szoktam.
- Használsz a TV távirányítóját?
 - Igen, Orion TV-nk van, a távirányító nélkül nem működik.
- Milyen gombokat használsz?
 - Telettextet nézek, mindig megnézem a horoszkópomat.
- Mi történik, ha megnyomsz a távirányítón egy gombot? Hogyan jut el az akaratod a TV-hez?
 - Megnyomom a gombot, és sugárzás indul ki, odairányítja a TV-hez
- Előfordult már, hogy megnyomtál egy gombot és a TV nem reagált?
 - Igen.
- Mi volt a gond?
 - Volt olyan hogy nem csinált semmit hiába nyomtam meg a gombot, és volt olyan, hogy átkapcsolt magától.
- Ha a szoba bármely pontján megnyomjuk a távirányítót működésbe jön a TV?
 - Nem.
- Miért nem?
 - Mert egyenesen lövi ki a sugarat.
- Ha az udvaron nyomjuk meg a távirányítót akkor működésbe jön a TV?
 - Nem.
- Miért nem?
 - A falak miatt, azon nem megy át a sugár.
- Milyen hasonló elven működő tárgyakat ismersz?
 - Videó, hifi.